This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

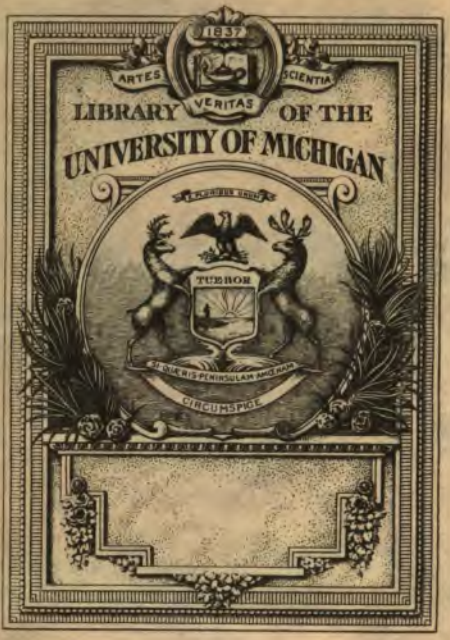
+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

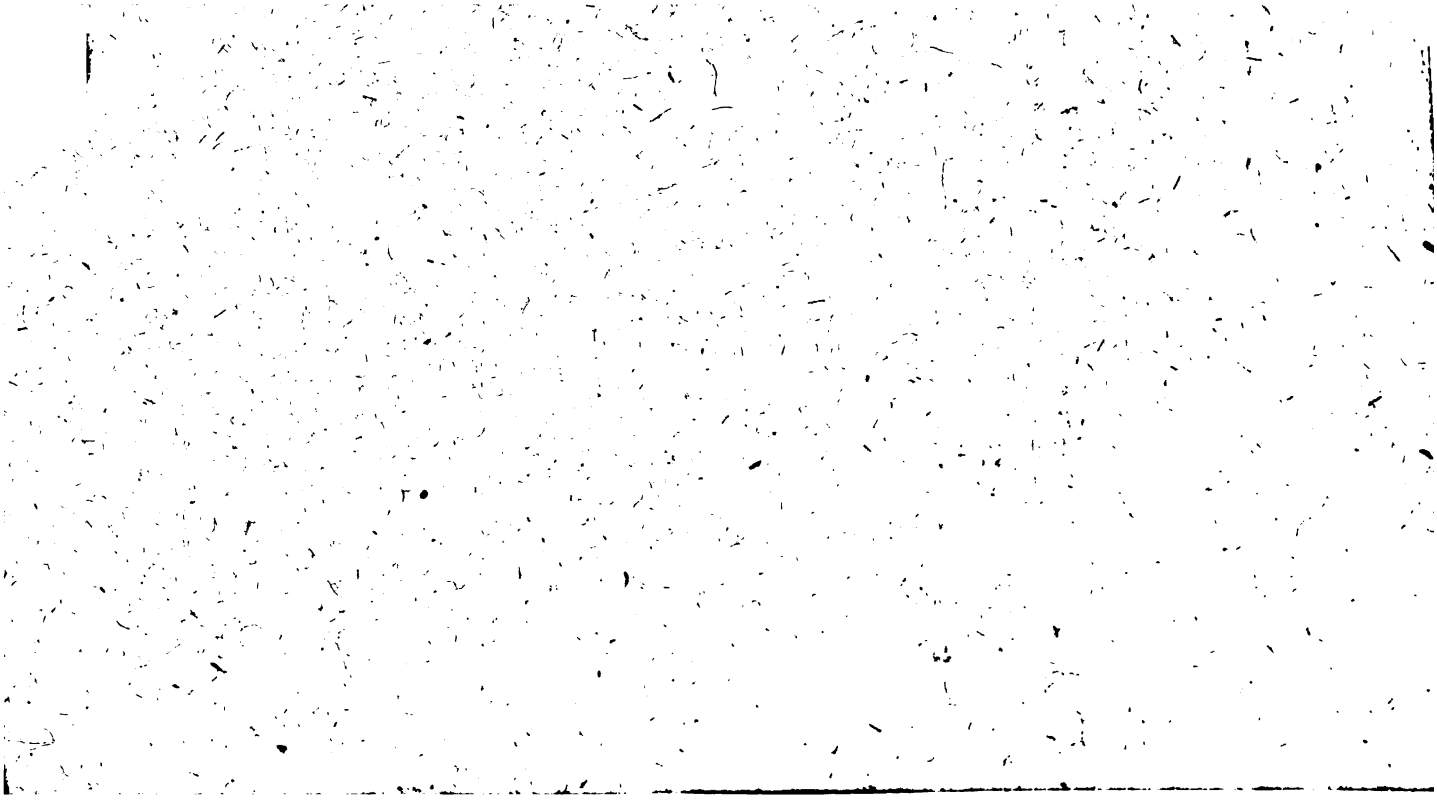
+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`


1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
CIRCUMSPICE



Q. c. 338

Catal. signat. de la [illegible]

QC
19
.S574
1784

DESCRIPTION

ET USAGE

D'UN CABINET

DE

PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE.

TOME PREMIER.

M. ROULAND, commence tous les ans ſes Cours de Phyſique après la Saint Martin, dans ſon Cabinet de Machines, rue Saint-Jacques, près Saint Yves, maiſon de l'Univerſité.

Sigaud-Lafond, Joseph Aignan, 1730-1810

DESCRIPTION

ET USAGE

D'UN CABINET

DE

PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE,

Par M. Sigaud de la Fond, *Professeur de Physique expérimentale, Membre de la Société Royale des Sciences de Montpellier, des Académies d'Angers, de Baviere, de Valladolid, de Florence, de Saint-Pétersbourg, &c.*

Seconde édition revue, corrigée & augmentée par M. Rouland, Professeur de Physique expérimentale, & Démonstrateur en l'Université de Paris.

2 vol. in-8°. avec fig. 18 liv. brochés.

TOME PREMIER.

A PARIS,

Chez Gueffier, Imprimeur, rue de la Harpe.

M. DCC. LXXXIV.

Avec Approbation, & Privilége du Roi.

Library com
Pirelli
5-22-24
9749
2v.

AVERTISSEMENT DE L'ÉDITEUR.

10-20-24. ETHP

S'IL n'eſt point de ſiecle, comme le dit dans ſa Préface M. SIGAUD DE LA FOND, mon oncle, mon maître & mon ami, où la Phyſique ait fait plus de progrès que dans le nôtre, c'eſt ſur-tout depuis les dernieres années, & même depuis le moment où ce ſavant Phyſicien s'eſt retiré de la capitale pour aller jouir paiſiblement dans ſa province du fruit de ſes nombreux travaux, & goûter les douceurs d'un repos qu'il a ſi légitimement mérité.

C'eſt à ſes leçons & à l'exemple qu'il m'a donné d'un travail conſtant dans la ſcience, qu'il cultiva avec tant de ſuccès & de diſtinction, que je dois les connoiſſances que j'y ai acquiſes, & l'art de les communiquer aux autres, art dans lequel il excelloit, à la ſatisfaction d'un grand nombre d'Amateurs qui ſuivoient tous les ans ſes Cours.

Pénétré de la plus vive reconnoiſſance pour les ſoins qu'il a bien voulu prendre de mon inſtruction, j'ai fait tous mes efforts pour me rendre digne de ſes

bontés ; il en jugera par les changemens & les additions conſidérables que j'ai faits à ſon Ouvrage, qu'il m'a permis de réimprimer.

Les changemens ſont en petit nombre. Ils ſe bornent à la ſuppreſſion, que j'ai cru devoir faire, des Appareils décrits au commencement du ſecond volume, & qui ont trait aux expériences ſur les différentes eſpeces d'air. Ces expériences étoient trop nouvelles alors, trop peu connues, pour que leurs Appareils fuſſens portés au point de perfection qu'ils ont acquis, & dont on eſt en partie redevable à M. DE LA FOND. Il les a décrits fort au long dans un Ouvrage particulier, imprimé en 1779, ſous le titre d'*Eſſai ſur les differentes eſpeces d'Air, qu'on déſigne ſous le nom d'Air fixe.* Je me propoſe d'en donner dans peu une nouvelle édition, avec des additions intéreſſantes que les travaux ſuivis des Phyſiciens, & les miens particuliers me mettent à portée d'y faire.

Celles que je préſente aujourd'hui dans la ſeconde édition de la *Deſcription & de l'uſage d'un Cabinet de Phyſique*, ſont très-nombreuſes, & j'aime à croire qu'elles ſeront accueillies favorablement

de tous ceux qui prennent intérêt aux progrès d'une ſcience qui fait mes délices. Elles comprennent la deſcription de pluſieurs Appareils nouveaux, dont les découvertes récemment faites en Phyſique, ont enrichi cette ſcience. Quoique ces additions ſoient les plus importantes dans un ouvrage de ce genre, j'oſe eſpérer qu'on me ſaura gré de celles d'une autre eſpece que j'ai cru devoir y faire. Je me ſuis en cela conformé aux deſirs de l'Auteur. Puiſſai-je avoir embraſſé toute l'étendue de ſes vues.

Son deſſein étoit que cet Ouvrage, uniquement deſtiné dans ſon origine à faire connoître les richeſſes de la Phyſique expérimentale, & à apprendre à ſes Lecteurs la maniere de faire les expériences, pût encore ſuffire à la plupart de ceux qui ſuivent des Cours de Phyſique, ſans les obliger d'étudier ſes *Elémens de Phyſique théorique & expérimentale*, trop étendus pour la claſſe des Amateurs, qui ne veulent acquérir que des connoiſſances générales dans une ſcience auſſi intéreſſante pour tous les ordres de la ſociété.

Il falloit donc donner plus de développement à la majeure partie des explica-

tions répandues dans le corps de l'Ouvrage, ſans rien changer à la deſcription des Appareils, faite avec autant de clarté que de préciſion ; j'ai reſpecté cette premiere partie, & même tâché d'atteindre à la perfection de mon modéle dans la deſcription des nouveaux Appareils que je fais connoître ; mais je me ſuis permis beaucoup de changemens & d'additions à la derniere partie, celle où il eſt queſtion de l'uſage des Appareils. J'en ai même changé pluſieurs articles, pour leur donner tout le développement qu'ils m'ont paru mériter; après un tel travail, j'oſe eſpérer que ces deux volumes ſuffiront au plus grand nombre de ceux qui ſuivront mes Cours, & qui ne voudront point faire une étude profonde de la Phyſique.

En leur rendant ce bon office, j'ai eu principalement en vue de témoigner toute ma reconnoiſſance au ſavant Auteur de cet Ouvrage; l'uſage auquel je le deſtine, lui prouvera l'eſtime particuliere que je conſerve pour ſon travail.

PRÉFACE.

REGARDÉE de tout tems comme la plus intéreſſante & la plus utile de toutes les Siences, la Phyſique fut cultivée dans tous les ſiécles: mais bien différente de ce qu'elle étoit anciennement, depuis que le flambeau de l'expérience éclaire la marche du Phyſicien, il n'eſt point de ſiécle où elle ait fait plus de véritables progrès que dans le nôtre. L'expérience de *Toricelli* fut, ſans contredit, l'époque de la révolution ſubite qui fit changer de face à l'étude de la Phyſique.

Le génie ſublime de *Paſchal*, qui ſut modifier de différentes manieres cette importante expérience, & qui enrichit encore la Phyſique de pluſieurs autres également importantes; l'induſtrie *d'Otto de Guerick*, qui produiſit la machine pneumatique; la ſagacité de *Robert Boyle*, qui la perfectionna, & qui ſut en tirer le plus grand parti, pour nombre de recherches nouvelles, toutes également intéreſſantes & propres à inſpirer le goût de l'expérience; le zèle & les travaux infatigables de pluſieurs Savans, qui s'emparerent enſuite de la route qu'on venoit de

leur tracer, & qui entraînerent après eux une grande partie des plus célebres Proſélytes des préjugés de l'ancienne École, acheverent cette heureuſe révolution.

Ce fut alors que la Phyſique, ſortant pour ainſi dire de ſon berceau, nous fit appercevoir une partie des richeſſes qu'elle nous prodigua par la ſuite. Ce fut alors que l'Hiſtoire naturelle, la Chimie, la Médecine théorique, & quantité d'autres ſciences, commencerent à mettre à profit les ſecours qu'elle leur offroit; & c'eſt, ſans contredit, à la Phyſique expérimentale qu'elles doivent toutes aujourd'hui une grande partie de l'éclat qui les diſtingue.

Plus perſuadé que jamais de cette vérité, notre ſiécle ſe livre entiérement à cette précieuſe méthode, & on lui doit nombre de découvertes plus intéreſſantes les unes que les autres, que les théories les plus ſublimes n'euſſent pu ſoupçonner. Mais, par une fatalité qu'on ne peut trop déplorer, on voit, en parcourant l'hiſtoire de ces découvertes, que l'expérience a toujours eu à lutter contre la prévention & l'eſprit de ſyſtême, & qu'elles ne ſont arrivées qu'à pas lents à ce degré de perfection qui nous les rend ſi précieuſes.

Bien long-tems avant *Paracelſe*, les

Phyſiciens n'ignoroient point que la combuſtion, la fermentation & l'effervescence dégageoient de preſque tous les corps une ſubſtance élaſtique qu'ils nommerent *ſpiritus ſilveſtre*, mais dont ils ne connurent point la nature. *Paracelſe* la confondit avec l'air ordinaire. *Van-Helmont*, ſon Diſciple, la nomma *gas ſilveſtre*, & la regarda comme une vapeur incoercible qu'on ne pouvoit raſſembler dans des vaſes, ni réduire ſous une forme viſible. *Boyle* la nomma *air artificiel*; & malgré le génie d'obſervation qui le conduiſoit dans toutes ſes recherches, il n'étendit guere plus loin que *Van-Helmont* les progrès de cette connoiſſance. *Halles* la fait ſous un nouveau jour; & on peut dire, à ſa gloire, que s'il ne parvint point à nous donner des idées plus préciſes de la nature de ce fluide, il nous ouvrit une nouvelle route propre à nous conduire plus ſûrement au but auquel nous euſſions dû arriver depuis longtems, ſi l'eſprit de ſyſtême n'eût encore retardé les progrès que nous ne pouvions attendre que de l'expérience.

Je ne parlerai donc point ici des travaux de *Macbride*, de *Meyer*, de *Jacquin*, de *Crans*, & de quantité de célebres Phyſiciens qui ſe ſont particuliérement occupés

de cet objet. Quelque importans qu'ils ſoient, l'eſprit de ſyſtême auquel leurs Auteurs ſe ſont livrés, leur dérobe une partie de l'utilité qu'on pouvoit s'en promettre, mais dont on eſt dédommagé par ceux du Docteur *Prieſtley*, en Angleterre, & encore plus par ceux de M. *Lavoiſier*, en France. L'exactitude ſinguliere qu'on remarque dans ſes opérations, la ſimplicité & la clarté qu'il a miſes dans leur expoſition, la retenue avec laquelle il préſente ſes concluſions, nous font tout eſpérer de la ſuite des travaux de ce célebre Académicien. C'eſt en conſultant l'expérience, l'eſprit dégagé de tout préjugé & de toute opinion, qu'il convient de ſuivre la marche de la nature, & qu'on parvient à la forcer juſques dans ſes derniers retranchemens.

Franklin, ce génie ſupérieur à qui nous ſommes redevables de nos connoiſſances les plus intéreſſantes en matiere d'électricité, ne ſe laiſſa point ſéduire par tous les ſyſtêmes ingénieux qui partageoient les plus ſavans Electriciens de l'Europe. Il ne conſulta que l'expérience; la nature lui confia ſon ſecret ſur la fameuſe bouteille de Leyde: il découvrit l'efficacité des pointes pour nous garantir des funeſtes effets de la foudre, &

détourner de deſſus nos têtes ce redoutable météore. Malgré la confiance qu'on devoit avoir à un procédé confirmé par l'expérience la moins équivoque, malgré les eſſais multipliés qu'on en avoit fait avantageuſement, en Angleterre, l'eſprit de ſyſtême & la prévention ne s'oppoſerent que trop longtems, en France, à l'exécution d'une pratique auſſi précieuſe à l'humanité, & dont tous les Savans reconnoiſſent actuellement l'efficacité.

La fuſion des métaux, par l'intermède du feu électrique, leur calcination, leur réduction en chaux métalliques, leur révivification, ſont encore le fruit de l'expérience & des travaux utiles de ceux qui ſe ſont livrés à cette excellente maniere d'étudier la Phyſique.

On ne peut donc trop louer la méthode de ces célebres Phyſiciens, qui, ſe défiant de leurs propres idées, ne propoſent que modeſtement leurs doutes ſur les cauſes, & nous préſentent avec toute l'exactitude & la préciſion poſſibles, des faits, des analogies & des concluſions conſtatées par l'expérience. On ne peut donc trop encourager ces Amateurs qui ſe multiplient tous les jours, & qui, ſe livrant avec zele à l'étude des faits,

s'empreſſent de ſe procurer les meilleurs appareils relatifs à leurs goûts & au genre de travail qu'ils veulent ſuivre. On ne peut donc que grandement eſpérer de ce goût général pour l'expérience, qui s'étend juſques dans nos Provinces les plus éloignées, de cette noble émulation qui ſurmonte les difficultés qui s'y oppoſent, & engage actuellement preſque tous les Profeſſeurs de Phyſique à ſe procurer d'excellentes machines, & à monter des cabinets. Que ne doit-on pas attendre des travaux multipliés de ce grand nombre de Savans auſſi zélés pour les progrès de la Phyſique, ſi, profitant mieux que *Deſcartes* d'un précepte excellent qu'il établit, *ils renoncent à toute prévention particuliere, & ſur-tout à ce je ne ſais quoi de faux que chacun met dans ſa maniere d'enviſager les objets extérieurs*, s'ils ne perdent jamais de vue cette obſervation importante pour l'étude de la Phyſique, faite par l'un des plus ſavans Phyſiciens de l'Europe! Un diſciple d'*Ariſtote*, dit le célebre *Muſchenbroek*, dans ſon Diſcours ſur la meilleure maniere de faire les expériences, les ſaiſit, les apperçoit d'un autre œil qu'un Carthéſien, & le Carthéſien différemment encore de ceux qui ſuivent les principes de *Stahl* & de *Newton*. Embraſſer

un ſyſtême, c'eſt preſque ſe condamner à ne voir les choſes que d'un certain biais, & éviter de les voir de tout autre ; c'eſt, pour ainſi dire, ſe mettre ſur les yeux un verre teint d'une couleur particuliere, ſans s'embarraſſer ſi ce verre altérera ces objets ou s'il les ternira. Il faut donc abjurer tout parti & avoir ſecoué le joug de toute autorité, pour entreprendre de bien faire des expériences ; il faut y apporter un génie particulier & un jugement très-ſain. Le génie ſert à nous faire découvrir de nouvelles routes, & le jugement nous conduit à travers ces routes avec la diſcrétion & la prudence qui nous empêchent de nous égarer.

Ce ſont ces obſervations qui nous ont engagé à compoſer un Ouvrage dans lequel, mettant de côté toutes les théories phyſiques, nous ne préſentons à nos Lecteurs, que des inſtrumens & des expériences : mais pour leur rendre en même tems le ſervice de ces inſtrumens commode & familier, nous nous ſommes propoſés de leur indiquer la maniere de s'en ſervir, les précautions qu'il convient de prendre en quantité de circonſtances, pour que le ſuccès de l'expérience ſoit aſſuré & conſtant. Nous nous ſommes encore propoſés de les mettre ſur la voie des travaux

qu'ils pouvoient ſuivre, de leur indiquer ce qu'on avoit déjà fait & ce qui reſtoit encore à faire pour hâter les progrès de la ſcience.

Nous ne nous ſommes donc point bornés à décrire ſimplement des machines, & à indiquer leurs uſages. Nous avons cru devoir ſuivre la marche ordinaire d'un Cours de Phyſique expérimentale. Nous avons diviſé cet Ouvrage en onze Sections principales; nous avons diſtribué ces Sections en autant d'Articles particuliers qu'elles en ont été ſuſceptibles; & lorſque ces Articles ont pu fournir différentes branches de diviſion, nous les avons eux-mêmes diviſés en pluſieurs Paragraphes : il eſt même quelques-uns de ces Paragraphes que nous avons cru devoir ſubdiviſer en pluſieurs nombres, afin de ne point confondre des objets diſparates, & de mettre, dans notre Ouvrage, tout l'ordre dont il étoit ſuſceptible.

Nous avons toujours expoſé avec ſoin, dans chaque branche de diviſion, l'état de la queſtion qu'on ſe propoſe d'y réſoudre, les difficultés qu'elle préſente, les appareils dont on peut faire uſage pour remplir cet objet. La deſcription de chaque appareil eſt toujours ſuivie de la maniere d'en faire uſage, ou de la maniere de faire l'expérience : vient

enſuite la concluſion qui ſuit naturellement de cette expérience. Souvent nous ajoutons des obſervations particulieres ſur la maniere de procéder; ces obſervations ſont le fruit de l'habitude que nous avons acquiſe à manier des machines & à étudier les inconvéniens qu'on rencontre dans le ſervice de pluſieurs. Elles ſeront particuliérement utiles aux Amateurs & aux Savans mêmes, qui n'auront point encore cette habitude : elles leur épargneront des recherches toujours pénibles & ennuyeuſes. Nous ajoutons encore, lorſque l'occaſion s'en préſente, des réflexions qui indiquent au Phyſicien la matiere qu'il doit traiter & les Ouvrages qu'il peut conſulter à ce ſujet.

Il eſt quelques articles auxquels nous donnons un peu plus d'étendue. Ce ſont ceux qu'on ne trouve point communément traités dans les ouvrages de ce genre. Tels ſont par exemple, dans le premier volume, l'article deſtiné aux appareils néceſſaires pour connoître les véritables principes des mixtes. Nous y donnons une idée ſuffiſamment étendue de l'analyſe chimique, des différentes eſpeces d'analyſe, des moyens de les faire, des défauts qu'on ne peut s'empêcher de leur reprocher, malgré les ſoins qu'on a pris pour les perfectionner.

On trouvera, dans le ſecond volume, un article ſuffiſamment étendu ſur l'air fixe ou ſur l'air principe. Cette matiere encore neuve en Phyſique, exigeoit une expoſition qui pût mettre le Phyſicien au fait de la queſtion, & ſur la voie des recherches qu'il doit faire à ce ſujet. Nous avons traité de la même maniere l'article qui concerne l'air, relativement à la reſpiration des animaux. Il n'eſt pas moins important que le précédent. Nous nous ſommes comportés de la même façon, dans la Section du feu, par rapport au phlogiſtique abandonné juſqu'ici aux recherches & aux ſpéculations des Chimiſtes, le Phyſicien ne doit point négliger une connoiſſance auſſi importante & qui peut répandre le plus beau jour ſur la théorie du feu.

Quant aux machines qui ſont le principal objet de cet Ouvrage, nous les avons décrites avec ſoin. Nous les avons préſentées avec toute la perfection à laquelle elles ont été conduites par nos prédéceſſeurs, par nos ſoins particuliers, & par l'induſtrie de pluſieurs excellens Artiſtes que nous employons habituellement. Abſtraction faite du luxe qu'on peut mettre dans les matériaux & dans les ornemens dont elles ſont ſuſceptibles, on ne trouvera point de machines plus belles, plus

exactes & plus commodes à manier que celles que nous décrivons.

On verra avec plaiſir les changemens que nous avons faits à pluſieurs appareils, & particuliérement à ceux qui appartiennent à l'électricité : ſpécialement occupés depuis quelques années, de cet objet, nous n'avons rien épargné pour faire produire les plus grands effets à nos machines, ſans augmenter prodigieuſement leur volume. Le ſuccès a répondu complettement à notre attente.

Nous nous ſommes également attachés à ſimplifier & à perfectionner les dépendances de ces appareils. Nous les avons ſuffiſamment multipliées, pour qu'on ſoit à portée de faire, avec les plus légers changemens dans leurs combinaiſons, toutes les expériences imaginées juſqu'à ce jour.

Notre Ouvrage aura encore cet avantage, que ceux qui nous confieront le ſoin de leur procurer des appareils en tout genre, pourront nous indiquer plus commodément & d'une maniere plus préciſe ceux qu'ils deſireront. Ils connoîtront d'avance la forme & la conſtruction de ceux que nous aurons à leur communiquer. Ils apprendront la maniere de s'en ſervir, & les effets qu'ils doivent en attendre. Les changemens dont ils pour-

ront être ſuſceptibles, ne ſeront point eſſentiels, & n'exigeront point de ces détails particuliers dans leſquels nous étions obligés d'entrer avant la publication de cet Ouvrage. Ces détails d'ailleurs ſont toujours difficiles à faire, par le peu d'étendue qu'on peut leur donner dans une lettre; ils ſont ſouvent fatiguans pour ceux qui les liſent, lorſqu'ils ne ſont point accompagnés d'une figure, dont toutes les parties numérotées peuvent s'étudier ſéparément.

Si cet Ouvrage, neuf en ſon genre, répond à nos deſirs & au zele qui nous l'a fait entreprendre, nous nous croirons bien dédommagés du travail auquel il nous a aſſujetti.

DESCRIPTION

ET USAGE

D'UN CABINET

DE

PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE.

CONNOITRE les propriétés & les affections des corps qui font partie de l'Univers, étudier les loix de leurs mouvemens & de leurs combinaiſons, ſuivre en un mot les phénomenes qu'ils préſentent à nos recherches, & remonter, autant qu'il eſt poſſible, juſqu'à la cauſe qui les produit, tel eſt, en peu de mots, l'objet de la Phyſique. L'obſervation & l'expérience ſont la baſe de ſes connoiſſances. L'une & l'autre exigent d'excellens inſtrumens propres à repréſenter les phénomenes de la Nature, & ſouvent à démontrer la certitude des cauſes qu'on leur

Objet de la Phyſique & de cet Ouvrage.

aſſigne. La conſtruction de ces inſtrumens, la maniere d'en faire uſage, les concluſions qui ſuivent de leurs effets, ſont donc de la plus grande importance en phyſique. C'eſt à ces trois objets que nous conſacrons ſpécialement cet Ouvrage. Pour le rendre néanmoins d'un ſervice plus étendu, nous expoſerons avec ſoin l'état des queſtions que le Phyſicien doit traiter : nous indiquerons, lorſqu'elles en ſeront ſuſceptibles, les difficultés qu'elles préſentent ; les recherches qu'on aura faites pour les réſoudre, ce qui reſte encore à faire, & ſur-tout les Ouvrages qui nous paroîtront les plus propres à ſatisfaire la curioſité du Phyſicien ſur chacun de ces objets.

SECTION PREMIERE.

Des Appareils néceſſaires pour démontrer les Principes des Corps, & ce qui réſulte de la combinaiſon de ces Principes.

Diviſion de cette Sect.

NOUS diviſerons cette Section en deux principaux Articles. Le premier traitera des Appareils néceſſaires pour analyſer les mixtes. Le ſecond, de ceux dont on peut faire uſage pour démontrer la cauſe de la cohérence entre les parties intégrantes des mixtes.

ARTICLE PREMIER.

Des Appareils néceſſaires pour analyſer les Mixtes.

LES principes des corps ou les élémens de la matiere, ſont ſans contredit le premier objet des recherches du Phyſicien. Il doit donc ſavoir décompoſer les corps, ſéparer leurs principes; il doit conſidérer les combinaiſons de ces principes, étudier les loix de ces combinaiſons, & ſe rendre raiſon des variétés qu'il obſerve dans la compoſition des mixtes.

S'il ne doit point ignorer cette multitude d'opinions ridicules qui ſe ſuccèderent & qui ſe détruiſirent ſucceſſivement dans l'Ecole, tant que, livrés à l'eſprit de ſyſtême & au feu de leur imagination, les Phyſiciens ſe plurent à engendrer des principes métaphyſiques, il ne doit conſulter ici que l'expérience; & profitant des ſecours que la Chimie peut lui fournir, il ne doit admettre pour véritables principes que ces ſubſtances ſimples ou homogenes qui réſultent de la derniere décompoſition des mixtes, & qui demeurent conſtamment les mêmes & inaltérables,

malgré l'activité des agens qu'on peut employer pour les décomposer.

L'analyse qu'on regarde, à juste titre, comme la premiere & l'une des plus importantes opérations de la Chimie, mérite donc également la premiere place parmi les plus importantes opérations de la Physique expérimentale. En quoi consiste l'analyse ? Combien en distingue-t-on d'especes ? Comment procéde-t-on dans ces différens cas ? Nous croyons devoir en donner une légere idée pour faciliter l'intelligence des appareils que nous nous proposons de décrire, & pour en faire connoître plus particuliérement l'usage.

De l'analyse en général.

L'analyse est une opération par laquelle on décompose les mixtes. C'est par son moyen qu'on en sépare successivement les principes suivant l'ordre de leurs combinaisons. On remarque, en effet, que les principes qui se séparent les premiers ne méritent point, à proprement parler, cette dénomination ; que ce sont des substances véritablement composées qui doivent être analysées elles-mêmes plus ou moins de fois, avant qu'on puisse atteindre à la séparation de ces substances simples & homogenes, que nous regardons actuellement comme les pre-

miers principes des mixtes. De-là cette diverſité de principes de différens ordres qu'on admet en Chimie, pour rendre plus méthodiquement & plus facilement raiſon de la compoſition & de la décompoſition des mixtes. On trouvera cette matiere traitée d'une maniere lumineuſe dans l'excellent Dictionnaire de Chimie de M. *Macquer.*

Deux eſpeces d'analyſe.

Tous les corps ne ſont point ſuſceptibles d'être analyſés de la même maniere. De-là différens moyens que la Chimie emploie pour la décompoſition des mixtes. Quelque différens qu'ils paroiſſent, on peut néanmoins les réduire à deux généraux, à *l'analyſe par le feu* & à *l'analyſe par les menſtrues.*

Analyſe par le feu.

On emploie l'action du feu lorſque le mixte ſur lequel on opére, contient des principes plus volatils les uns que les autres, & qui peuvent ſucceſſivement céder à l'activité de cet agent. Tout l'art conſiſte alors à modérer le feu de maniere qu'on faſſe ſubir à ce mixte différens degrés de chaleur qui aillent en augmentant, depuis celui qui paroît ſuffiſant pour exalter les principes les plus volatils, juſqu'à celui qui eſt néceſſaire pour enlever ceux qui ſont les plus fixes. Cette opération ſe nomme en général, *diſtillation.*

De la diſtillation.

On la diſtingue communément en deux eſpeces, eu égard à la variété des produits qu'elle fournit; ils ſe préſentent, en effet, ſous la forme d'une liqueur, ou ſous une forme ſeche: dans le premier cas l'opération conſerve le nom de *diſtillation*: dans le ſecond on l'appelle *ſublimation*; nous n'aurons égard qu'à la premiere, c'eſt la ſeule dont la connoiſſance ſoit néceſſaire au Phyſicien.

Trois eſpeces de diſtillations.

La diſtillation prend elle-même différens noms, ſuivant la forme & la diſpoſition des vaiſſeaux dans leſquels elle s'opére; de-là la *diſtillation montante* ou *per aſcenſum*, la *diſtillation latérale* ou *per latus*, la *diſtillation deſcendante* ou *per deſcenſum*. De quelque eſpece que ſoit la diſtillation, elle conſiſte, dans tous les cas, à ſéparer les principes volatils des mixtes de ceux qui ſont fixes, & l'on voit les premiers s'éloigner, ſelon que la forme de l'inſtrument le leur permet, du foyer de chaleur ou du feu qui les ſépare, & les fait entrer en expanſion, comme nous l'obſerverons en parlant de l'uſage des différens inſtrumens qu'on emploie dans ces ſortes d'opérations.

APPAREILS

Pour ces trois eſpeces de diſtillations.

L'INSTRUMENT dont on ſe ſert pour une diſtillation montante, ſe nomme *alambic.* On le fait de pluſieurs matieres, de métal, de verre, ou de grès. Fait de métal, ſon ſervice eſt bien plus étendu & plus propre aux grandes opérations: il eſt compoſé d'un grand vaiſſeau de cuivre étamé en-dedans, qu'on appelle la *cucurbite*: A, (Pl. I, fig. 1.) C'eſt dans ce vaiſſeau qu'on renferme ordinairement les ſubſtances qu'on veut analyſer: on remarque vers ſa partie ſupérieure, deux anſes *bb*, qui le rendent plus maniable; le petit canal *a*, qu'on a ſoin de boucher exactement avec un bouchon de liege, ſert, lorſque le cas le requiert, à introduire de l'eau dans ce vaiſſeau à proportion qu'elle s'évapore pendant l'opération.

Planche I.

Alambic ou appareil d'une diſtillation montante.

Fig. 1.

On recouvre la cucurbite d'un autre vaiſſeau B, (Pl. I, fig. 2.) qu'on nomme le *chapiteau*, c'eſt une eſpece de cône dont la baſe eſt rétrecie pour s'ajuſter à la cucurbite. Le rétréciſſement de cette baſe forme une gouttiere *aa*, qui s'ouvre dans un canal *ab*, qu'on appelle le *bec du chapiteau*; on adapte à ce canal un vaiſſeau E, connu en général,

Fig. 2.

Planche I. sous le nom de *récipient*; il est destiné à recevoir les produits de la distillation: on le nomme *matras*, lorsque son col est très-long; on l'appelle *ballon*, lorsqu'il est très-gros & que son col est très-court.

Le cône B est entouré d'un grand seau de cuivre C, appelé le *refrigerant* par rapport à son usage; on a soin de le tenir plein d'eau froide, afin de refroidir & de condenser les vapeurs qui s'élevent sous le chapiteau: lorsque cette eau s'est échauffée à un certain point, on l'évacue par le robinet D, & on la renouvelle.

Le chapiteau & la cucurbite doivent s'emboîter de façon que les vapeurs ne puissent passer par leur jonction. Dans le cas où celle-ci ne seroit point assez exacte, on la ferme avec un lut dont nous parlerons plus bas.

Fig. 3. Il est des cas où l'on fait usage d'une autre cucurbite A, (Pl. I, fig. 3.); celle-ci est assez communément d'étain; on la fait souvent cependant, de cuivre étamé en-dedans & en-dehors, & on la nomme *bain-marie*; elle se place dans la précédente A, Fig. 1. (fig. 1.), & on la recouvre du même cha- Fig. 2. piteau B, (fig. 2.); ces trois vaisseaux doi-

vent être faits de maniere qu'ils puiſſent s'emboîter les uns dans les autres. La figure (4) repréſente tout l'appareil établi ſur ſon fourneau F; celui-ci eſt compoſé de deux cavités ſéparées par une grille O: on y remarque deux ouvertures G & H, la premiere faite pour introduire des matieres combuſtibles dans la cavité ſupérieure, qu'on appelle le *foyer*, la ſeconde H, pénétre dans la cavité inférieure qu'on nomme le *cendrier*: celle-ci eſt deſtinée à livrer paſſage à l'air qui entretient l'action du feu ſur les matieres combuſtibles, & à recevoir les cendres. On y remarque outre cela, un canal latéral I, qui s'ouvre au-dehors & qui pénétre dans le foyer; on l'appelle la *cheminée*: elle donne iſſue à la fumée. Planche I. Fig. 4.

Quelqu'étendu que ſoit le ſervice de cet inſtrument, il ne peut ſuffire à tous les beſoins du Phyſicien. Il eſt quantité de ſubſtances corroſives qui attaqueroient le métal & corroderoient la cucurbite. Il doit donc ſe pourvoir de quelques alambics de verre A, (Pl. I, fig. 5.). Il en eſt de cette derniere eſpece, dont le chapiteau B, (fig. 6.) tient à la cucurbite: on les nomme, à cauſe de cela, *alambic d'une piece*; on y introduit les matieres par le goulot C du chapiteau, & on Fig. 5. Fig. 6.

Planche I. ferme cette ouvertute avec un bouchon de criſtal D, uſé à l'émeril.

Cornue ou appareil de la diſtillation deſcendante. Fig. 7.

On appelle *cornue* ou *retorte*, une eſpece de bouteille ovale ABC, (Pl. I, fig. 7.), dont le col BC fait avec le ventre du vaiſſeau, un angle plus ou moins aigu. On donne le nom de *diſtillation latérale* ou *per latus*, à celle qui ſe pratique avec ces ſortes d'inſtrumens. On les fait communément de verre, plus fréquemment de grès, mais rarement de métal.

Appareil de la diſtillation deſcendante.

Quoiqu'on faſſe très-peu d'uſage de la *diſtillation deſcendante* ou *per deſcenſum*, nous dirons cependant un mot de ſon appareil, il eſt on ne peut plus ſimple.

On prend un verre à boire, ou tout autre vaiſſeau dont la forme approche de celle d'un verre; on le recouvre d'une toile aſſujettie avec un fil, de façon qu'elle ſoit un peu lâche; on place ſur cette toile la ſubſtance qu'on veut analyſer : on l'arroſe d'un peu d'eau pour la ſouſtraire à la trop grande activité du feu : on recouvre le tout d'une plaque de cuivre faite comme le baſſin d'une balance : on met dans ce baſſin des cendres chaudes & quelques charbons allumés; la chaleur volatiliſe les parties du mixte, les

vapeurs tendant à s'éloigner du foyer de cette chaleur, ſe tamiſent à travers le linge, ſe raſſemblent par gouttes ſur les parois du vaiſſeau & ſe précipitent dans l'eau qui ſe trouve au fond. Planche I.

USAGE

Des précédens Appareils.

ON conçoit facilement par la ſeule deſcription des appareils précédens, que la diſtillation eſt eſſentiellement la même dans tous les cas; que les vapeurs exaltées par le feu font effort pour s'éloigner du foyer de la chaleur; qu'elles s'élevent ſous le chapiteau de l'alambic, dans la diſtillation montante; qu'elles s'échappent par le bec de la cornue dans la diſtillation latérale; qu'elles ſe précipitent enfin, dans le fond du verre dans la diſtillation deſcendante. D'où l'on voit manifeſtement que tout l'effet ſe borne, de la part du feu, à exalter les principes volatiles, & que, ſéparés, ils s'éloignent, ſelon que la forme du vaiſſeau le permet, de l'agent qui les ſépare.

En général, l'exactitude de la diſtillation dépend de la promptitude avec laquelle les vapeurs exaltées par la chaleur, ſe condenſent & ſe raſſemblent dans le récipient. Obſervations ſur cette opération.

Planche I. Lorſqu'elles circulent pendant quelque tems dans des vaiſſeaux chauds, elles y prennent une odeur déſagréable que les Chimiſtes nomment *empyreume.*

Défaut des alambics. D'où il ſuit que l'alambic de verre eſt le moins parfait de tous les inſtrumens de cette eſpece, ou celui dont les produits ſont les plus défectueux : les vapeurs qui s'élevent ſous ſon chapiteau n'y ſont point aſſez promptement refroidies, la liqueur qui coule par le bec de cet inſtrument eſt encore chaude lorſqu'elle arrive dans le récipient, & elle y porte une odeur empyreumatique.

Moyens de remédier à ce défaut. Le refrigerant adapté au chapiteau d'un alambic de cuivre remedie en partie à ce défaut, ſi on a ſoin de renouveller ſouvent l'eau froide ; mais les vapeurs ne ſont pas toujours aſſez promptement refroidies dans cet inſtrument, & elles conſervent encore un peu de cette odeur déſagréable qu'on ſe propoſe de détruire.

Serpentin. On remédie parfaitement à cet inconvénient en adaptant un ſerpentin à ces ſortes d'alambics. Ce ſerpentin eſt un canal d'étain L K, (Pl. I, fig. 4.), tourné en forme de ſpiral & renfermé dans un grand ſceau de cuivre K, qu'on remplit d'eau froide : nous

Fig. 4.

avons fait ce vaiſſeau tranſparent pour qu'on ſaisit plus aiſément la forme du ſerpentin. On retire l'eau par le robinet S, lorſqu'elle s'échauffe, & on la renouvelle. Ce canal ſpiral ſoudé par ſes extrémités au haut & au bas du ſceau K, s'adapte d'une part au bec du chapiteau, & par ſon autre extrémité au récipient M. Planche I.

Quoique les jointures de l'alambic de cuivre ſoient faites avec tout le ſoin poſſible, il faut néanmoins les fermer quelquefois avec une plus grande exactitude. On ſe ſert pour cela d'un lut : on les lutte en général, toutes les fois que les ſubſtances ſur leſquelles on opére ſont extrêmement volatiles, & qu'on a intérêt de ne rien perdre de leurs produits. On lutte toujours celles des alambics de verre, lorſque le chapiteau ne tient point à la cucurbite. Lute.

On ſe contente pour l'ordinaire de coler ſur ces jointures une bande de papier couverte d'amidon ou de cole de farine; mais lorſque le lut doit être plus exact, on ſe ſert de l'efflorescence de la chaux qu'on détrempe dans du blanc d'œuf; on employe aſſez ſouvent un morceau de parchemin ou de veſſie mouillée, qu'on lie fortement ſur les jointures. Les Chimiſtes ſe ſervent encore de plu-

Planche I. sieurs autres especes de luts dont le détail nous paroît inutile.

Différens degrés de feu. On expose à différens degrés de feu les substances qu'on veut analyser; de-là la distillation à feu nud, au bain de sable, au bain-marie & au feu de reverbere.

Feu nud. On distille *à feu nud*, lorsque la cucurbite ou la cornue sont posées immédiatement sur les charbons du fourneau.

Bain de sable. La distillation se fait au *bain de sable*, lorsque le vaisseau distillatoire est enterré dans un monceau de sable renfermé dans une espece de poële A, (Pl. I, fig. 8.), placée sur le fourneau. Ce degré de feu moins violent que le précédent, devient d'autant plus actif que la cucurbite ou la cornue sont plus profondément enfoncées dans le sable.

Fig. 8.

Bain-marie. On distille au *bain-marie* lorsque la cucurbite est placée dans une seconde cucurbite remplie d'eau, & que cette derniere est établie sur le fourneau. Dans ce cas on se sert des deux cucurbites A & A, (Pl. I, fig. 1 & 3.); on modére alors à discrétion le degré de chaleur qu'on fait éprouver à la substance sur laquelle on opére; mais lorsque l'opération exige le plus grand degré de feu, on distille à *feu de reverbere*.

Fig. 1 & 3.

On ſe ſert dans ce cas, d'une cornue qu'on poſe immédiatement ſur les charbons du fourneau A B, (Pl. II, fig. 1.), on la recouvre d'un dôme C : celui-ci porte latéralement une échancrure en *a*, qui répond à une ſemblable *b*, qu'on remarque vers le haut & ſur la circonférence du fourneau; ces deux échancrures réunies forment un trou qui livre paſſage au col de la cornue ; on donne à ce fourneau le nom de *fourneau de reverbere*, parce que le dôme dont il eſt recouvert réfléchit la chaleur des charbons ſur le ventre de la cornue. Planche II. Feu de reverbere. Fig. 1.

Il eſt des cas où il eſt important d'éloigner le récipient du fourneau : on ſe ſert pour cela de pluſieurs vaiſſeaux A, B, (Pl. II, fig. 2.), qu'on appelle des *allonges*, ils s'uniſſent les uns aux autres, & ils ſervent d'interméde entre le col de la cornue & celui du récipient. Allonges. Fig. 2.

Lorſque la cornue doit être expoſée à l'action d'un feu très-violent, qu'elle ſoit de verre ou de grès, on la garantit de la trop grande activité du feu en l'enduiſant extérieurement de terre à four détrempée dans de l'eau ; il faut avoir ſoin enſuite de laiſſer ſécher cet enduit au ſoleil ou à une certaine diſtance d'un feu très-modéré: Maniere de garantir les vaiſſeaux de verre de la trop grande activité du feu.

Planche II. il est bon de prendre les mêmes precautions pour les cucurbites des alambics, lorsqu'elles sont de verre & qu'elles doivent être fortement chauffées par l'action immédiate du feu, ou même dans un bain de sable.

Défauts de l'analyse par le feu. Tous les corps ne sont point également susceptibles de s'analyser exactement par le feu; c'est ce qu'on remarque particuliérement lorsqu'on analyse des corps très-composés & dont les principes ont une forte adhérence entre eux. Dans ce cas, le degré de chaleur suffisant pour attaquer, par exemple, le principe le plus volatil, enleve encore avec celui-ci, une portion d'un autre principe moins volatil qui n'eût pu céder à ce degré de chaleur sans l'adhérence qui l'unit au premier & qui le fait participer jusqu'à un certain point à son excès de volatilité.

On observe encore un autre défaut dans cette espece d'analyse : elle n'est pas toujours propre à fournir les principes prochains des mixtes; il est plusieurs de ces principes, comme on l'observe spécialement dans certains végétaux, qui sont eux-mêmes très-composés, & dont la texture délicate s'altére par le feu au point de n'être plus reconnoissable.

Il eſt d'autres cas où l'action du feu devient inutile : c'eſt ce qui arrive, par exemple, lorſqu'on veut analyſer deux métaux mélangés qui réſiſtent également à l'action de cet agent. Planche II.

Ce ſont ces inconvéniens, & quelques autres encore que nous paſſons ſous ſilence, mais que le Phyſicien doit connoître, qui ont fait imaginer *l'analyſe par les menſtrues.* Analyſe par les menſtrues.

On donne le nom de *menſtrue* à tout diſſolvant quelconque ; l'eau, l'eſprit-de-vin, l'éther, les acides, &c. ſont autant de menſtrues particuliers, relativement aux ſubſtances qu'ils peuvent attaquer & diſſoudre. Tout l'art conſiſte à choiſir & à employer celui de ces menſtrues qui eſt propre à agir ſur le mixte qu'on veut traiter, ou à ſéparer de ce mixte le principe qu'on veut obtenir.

L'eau eſt le véritable menſtrue des parties ſalines & gommeuſes d'un mixte, l'eſprit-de-vin s'empare des parties réſineuſes, l'éther diſſout les parties huileuſes, les acides attaquent ſpécialement les terres calcaires, les parties métalliques, &c.

Planche II.

APPAREILS

Nécessaires pour l'analyse par les menstrues.

Appareils nécessaires à ces sortes d'analyses.

CES appareils sont en très-petit nombre : quelques capsules de grès ou de verre, quelques bains de sable, quelques vaisseaux de verre ou de cristal, avec des couvercles de même matiere ; de l'eau distillée en assez grande quantité, de l'esprit-de-vin, de l'éther, des flacons remplis d'acide vitriolique, d'acide marin, d'acide nitreux, de vinaigre, &c. suffisent à toutes les opérations de ce genre, & doivent se trouver dans le Cabinet d'un Physicien.

USAGE

De ces Appareils.

Le service de ces instrumens n'exige point une instruction particuliere : on connoîtra facilement leur usage par le simple exposé d'une opération de cette espece.

Analyse d'une substance végétale.

Supposons qu'on se propose d'analyser une substance végétale qui contienne des parties gommeuses, résineuses & huileuses, & que ces dernieres soient indissolubles dans l'esprit-de-vin.

On mettra cette substance dans une cap-

ſule de verre ou de grès, & on l'y laiſſera macérer pendant quelque tems dans une quantité ſuffiſante d'eau diſtillée ; l'action de ce menſtrue, qu'on pourra encore augmenter à l'aide d'une douce chaleur, ſe portera ſur les parties gommeuſes qu'il diſſoudra ; celles-ci ſe trouveront donc alors répandues & diſſéminées entre les molécules de l'eau. Planche II.

Toute diſſolution ſuppoſe une affinité réciproque entre le diſſolvant & le corps diſſous. Cette affinité n'eſt autre choſe que ce qu'on connoît en *Phyſique* ſous le nom d'*attraction de cohéſion*, dont nous parlerons ailleurs. Or les gommes proprement dites, car il eſt bon d'obſerver que les Anciens confondoient ſous ce nom générique quantité de ſubſtances qui ne ſont point de véritables gommes, ils rangeoient en effet dans cette claſſe tous les ſucs concrets que les arbres fourniſſent, parmi leſquels il s'en trouve pluſieurs qui ſont en tout ou en partie réſineux, & non gommeux. Tels ſont, par exemple, ceux qu'on connoît encore dans le commerce ſous les noms de *gomme copale, gomme élemi, gomme animi, gomme gutte, &c.* qu'il faut diſtinguer des ſubſtances véritablement gommeuſes. Celles-ci ne ſont autre

Planche II. choſe que des ſucs mucilagineux, dont la conſiſtance eſt dûe à l'évaporation de la plus grande partie de leur eau ſurabondante.

Cette obſervation bien établie, on conçoit que tout mucilage, à raiſon de ſon principe aqueux, doit avoir la plus grande affinité avec l'eau. De-là cette tendance ſinguliere à la combinaiſon; de-là cette action réciproque que ces deux ſubſtances exercent l'une ſur l'autre; de-là la parfaite diſſolution de la gomme, ou de tout ſuc gommeux dans un menſtrue aqueux; de-là enfin cette ſuſpenſion de parties gommeuſes dans l'eau, quoique ces parties ſoient plus peſantes, parce que la force attractive qui les fournit à l'eau les empêche d'obéir à leur peſanteur ſpécifique, & de ſe précipiter.

Cette premiere opération finie, on rapprochera ces parties & on les obtiendra ſéparément, en faiſant évaporer le menſtrue avec lequel elles ſont combinées: on retirera donc de la capſule le réſidu ou la maſſe qui aura réſiſté à l'action de l'eau; on poſera enſuite cette capſule ſur un bain de ſable & on l'y laiſſera ſuffiſamment de tems pour que les parties aqueuſes ſoient totalement évaporées; les parties gommeuſes du mixte ſe trouveront alors ſuffiſamment rapprochées.

On mettra le réſidu dans une autre capſule ſurmontée de ſon couvercle, on verſera par-deſſus ſuffiſante quantité de bon eſprit-de-vin ; cette liqueur attaquera & ſéparera les parties réſineuſes qu'on raſſemblera encore par le même procédé que nous venons d'indiquer. Planche II.

On remarque en effet une affinité très-grande entre l'eſprit-de-vin & les réſines, particuliérement celles qu'on peut regarder comme des réſidus d'huiles eſſentielles, & des baumes naturels des végétaux ; car il en eſt quelques-unes qui ne ſont que des réſidus de certaines huiles peu volatiles, très-ſuſceptibles de ſe rancir, de s'épaiſſir, & qui n'ont point, dans cet état, aſſez d'affinité avec l'eſprit-de-vin, pour en être ſuffiſamment attaquées, & conſéquemment s'y diſſoudre ; mais elles ſe diſſolvent très-bien dans l'éther.

On tranſporte donc le nouveau réſidu dans une ſemblable capſule, & on verſe par-deſſus de l'éther, ayant ſoin de fermer exactement le vaiſſeau ; cette derniere liqueur s'empare des parties huileuſes, & comme elle eſt extrêmement volatile, il n'eſt pas néceſſaire d'avoir recours à l'action du feu pour la faire évaporer.

On obtiendra donc ſucceſſivement les

Planche II. parties gommeuſes, réſineuſes & huileuſes du mixte qu'on aura ſoumis à ces opérations.

Même procédé pour analyſer les métaux.

On emploie ſouvent le même procédé pour analyſer les métaux parfaits & les débarraſſer des parties hétérogenes auxquelles ils ſont unis, mais on ſe ſert pour cet effet d'un menſtrue acide. Il eſt cependant important d'obſerver que cette opération ne peut ſe faire exactement que dans le cas où l'acide qu'on emploie n'agit pas également ſur les différentes parties qui conſtituent le mixte.

Suppoſons, par exemple, qu'une maſſe donnée ſoit compoſée d'un mélange d'or & d'argent. C'eſt un fait reconnu en Chimie, que l'acide nitreux qui diſſout très-bien l'argent, n'agit point ſur l'or, & que l'eau régale, qui eſt le vrai diſſolvant de l'or, n'attaque point l'argent; phénomene ſingulier qui a occupé pendant long-tems les recherches des plus célébres Chimiſtes.

M. *Lémery* prétendit, & un très-grand nombre d'habiles Chimiſtes ont prétendu après lui, que ce phénomene dépend de la diſpoſition intérieure des métaux, de la grandeur de leurs pores, & de la groſſeur des molécules intégrantes de ces deux eſpeces de menſtrues. Mais en ſuppoſant même la diverſité qu'ils admettent dans les dimenſions

des pores de l'or & de l'argent, en ſuppoſant encore avec eux, la diſpoſition qu'ils attribuent aux molécules intégrantes des deux menſtrues dont il eſt ici queſtion, comment expliquer l'action de ces menſtrues ſur ces deux eſpeces de métaux? comment expliquer ce mouvement inteſtin qu'on remarque au moment où ils agiſſent? comment expliquer la ſéparation des molécules de l'or, d'avec celles de l'argent, ſi on n'admet une cauſe, une puiſſance mécanique qui donne aſſez d'activité aux parties intégrantes de ces menſtrues, pour pénétrer entre les parties du métal, briſer le lien qui les unit, & détruire leur agrégation. Or, on voit manifeſtement ici, qu'aucune cauſe extérieure ne pouvant participer à cet effet, celui-ci eſt le produit de cette cauſe générale qui maîtriſe toutes les parties de la matiere, de cette affinité que tous les Chimiſtes reconnoiſſent, & que pour rendre raiſon de cet effet, il ne s'agit que de bien connoître la nature des métaux & des menſtrues dont il eſt ici queſtion; & c'eſt une théorie que M. Sigaud de la Fond a ſuffiſamment développée dans le premier volume de nos Elémens de Phyſique-théorique & expérimentale. Planche II.

Lorſqu'il s'agira donc d'analyſer par la

Planche II. voie des menſtrues une maſſe compoſée d'or & d'argent, on emploîra indifféremment l'acide nitreux ou l'eau régale, ſuivant qu'on voudra diſſoudre l'or ou l'argent; on mettra donc le mixte dans une capſule, & on verſera par-deſſus de l'acide nitreux, cet acide s'emparera de l'argent, le diſſoudra, & l'or reſtera intact au fond du vaiſſeau.

Obſervations ſur les deux eſpeces d'analyſes précédentes.

Il eſt bon d'obſerver ici 1.° que les deux eſpeces d'analyſes qui font l'objet de cet article, ont ſouvent beſoin d'être combinées entr'elles, pour arriver à une décompoſition plus parfaite du mixte ſur lequel on opére. 2.° Que les produits que l'un & l'autre fourniſſent, ſont ſouvent eux-mêmes de véritables compoſés qu'il faut analyſer ſéparément plus ou moins de fois, avant qu'on puiſſe atteindre aux premiers principes de ces mixtes. Un peu d'habitude & de travail mettront le Phyſicien à portée de ſe ſatisfaire à cet égard, & il s'aſſurera qu'il n'exiſte dans la nature que quatre ſubſtances primordiales qui méritent juſqu'à préſent & à juſte titre, le nom de principes. Ces ſubſtances ſont la *terre*, *l'eau*, *l'air*, & le *feu*, qu'on déſigne plus communément en Chimie, ſous le nom de *phlogiſtique*. A l'exception de quelques corps pris dans le régne minéral,

On ne découvre que quatre principes primitifs par la derniere analyſe des mixtes.

tous les autres ſe réſolvent en ces quatre ſubſ- Planche
tances, que nous regardons comme les pre- II.
miers élémens des mixtes, parce qu'elles ont conſtamment réſiſté à toute décompoſition, & qu'elles ſont demeurées inaltérables malgré toute l'activité des agens qu'on a employés pour les décompoſer.

Nous les ferons plus particuliérement connoître & nous en développerons les propriétés lorſque nous traiterons de l'air, du feu, de l'eau & de la terre.

ARTICLE SECOND.

Des Appareils néceſſaires pour démontrer la cauſe de la cohérence entre les parties intégrantes des mixtes.

De la combinaiſon des principes de différens ordres que le Phyſicien doit diſtinguer dans la compoſition des mixtes, naiſſent les parties intégrantes de ces mixtes. De la combinaiſon de principes.

On entend par parties intégrantes, les plus petites molécules poſſibles d'un être matériel : celles qui échappent à la foibleſſe de nos organes, & qui, ſéparément priſes, jouiſſent néanmoins de toutes les propriétés qu'on découvre dans les mixtes ou dans la

Planche II. maſſe à laquelle elles appartiennent. Celles-ci diverſement combinées entre elles, forment des maſſes de différentes eſpeces; les unes durés, d'autres molles, d'autres fluides ou liquides. La cauſe de ces différences a fait naître une multitude d'hypothèſes, parmi leſquelles nous ne diſtinguerons ici que les deux qui partagent encore les ſentimens de l'Ecole.

De la cauſe de la cohéſion.

Opinions des Carthéſiens. Les Carthéſiens font dépendre ces différens états, ou la variété qu'on remarque dans la cohérence entre les parties intégrantes des mixtes, du repos reſpectif de ces parties & de la maniere ſelon laquelle elles ſont ſoumiſes à la preſſion d'un fluide ambiant.

Opinion des Newtoniens. Les Newtoniens l'attribuent à l'attraction de cohéſion; ce ſont deux hypothèſes qui méritent d'être développées avec ſoin. Celle de *Deſcartes* eſt trop univerſellement connue pour indiquer particuliérement l'Ouvrage qu'on pourroit conſulter à cet égard. On trouvera de quoi ſatisfaire ſa curioſité ſur celle de *Newton*, dans un excellent Ouvrage de M. *Sigorne*, intitulé: *Inſtitutions Newtoniennes*: elle eſt encore très-complétement développée dans le Cours de Phyſique de *Muſſenbroek* & dans quantité d'autres Ouvrages modernes. Nous nous bor-

nerons à faire connoître les preuves expéri- Planche
mentales ſur leſquelles ces deux opinions ſont II.
établies. Parmi la multitude d'expériences qu'on invoque de part & d'autre, nous ne nous arrêterons qu'aux principales, à celles qui paroiſſent favoriſer davantage l'opinion pour laquelle elles militent.

PARAGRAPHE PREMIER.

Appareils dont les effets paroiſſent favoriſer l'opinion des Carthéſiens ſur la cauſe de la cohéſion.

PREMIER APPAREIL.

Deux plans qui adhèrent entre eux par la ſeule preſſion d'un fluide extérieur.

AU fond d'un vaiſſeau cilindrique de criſtal V (Pl. II, fig. 3.), on maſtique un plan AB de métal, de glace, ou de toute autre matiere compacte ſuſceptible d'être bien dreſſée: ce plan travaillé ſur un ſecond CD, doit tellement lui convenir, qu'appliqués l'un ſur l'autre ils ſe touchent ſenſiblement par tous les points de leurs ſurfaces: au plan CD eſt adaptée une tige EF, qui lui ſert de manche. Fig. 3.

USAGE
De cet Appareil.

CES deux plans poſés l'un ſur l'autre ne contractent aucune adhérence ſenſible tant

Planche II. qu'ils ſont plongés dans l'air ſans le ſecours d'aucun autre fluide étranger qui les preſſe plus fortement à l'extérieur; mais ſi on applique le doigt ſur le manche E F, pour contenir le plan C D ſur le plan A B, & qu'on verſe alors une quantité ſuffiſante de mercure dans le vaiſſeau V, l'adhérence de ces plans deviendra très-ſenſible, & elle ſera d'autant plus forte que la colonne de mercure ſera plus haute. Voilà donc, diſent les Carthéſiens, une adhérence entre deux corps, occaſionnée par la preſſion d'un fluide extérieur.

Second Appareil.

Les plans de Magdebourg. Fig. 4. Faites dreſſer & travailler l'un ſur l'autre, deux plans de glace A B, C D (Pl. II. fig. 4.), ces plans doivent avoir deux pouces, ou trente lignes de diametre & ſix lignes d'épaiſſeur; montez-les l'un & l'autre dans un cercle de cuivre traverſé par une lame de même métal *a b*, pour y ſouder deux crochets E, F. Il faut qu'ils ſoient ſolidement retenus dans leur cercle par du maſtic & par un biſeau qui permet à la ſurface travaillée d'excéder un peu le cercle; on les ſuſpend, lorſqu'on le juge à propos, dans un chaſſis fait de trois fils de laiton

& monté ſur une baſe triangulaire de même matiere. Planche II.

USAGE
De cet Appareil.

AYANT légérement humecté avec une petite goutte d'eau les deux faces qui doivent ſe toucher, promenez-les l'une ſur l'autre en appuyant modérément deſſus pour exclure & la lame d'air qui pourroit être interceptée entre ces plans, & toute portion ſurabondante d'humidité; ils adhéreront tellement alors par la preſſion de l'air extérieur, qu'on ne pourra les ſéparer qu'avec la plus grande difficulté, en les tirant perpendiculairement à leurs ſurfaces; nouvelle preuve, ſuivant les Carthéſiens, que la preſſion d'un fluide extérieur peut ſuffir pour unir fortement entre eux, deux corps qui ſont en contact & qui ſont ſoumis à toute l'efficacité de cette preſſion. Mais cette adhérence dépend-elle préciſément de cette preſſion? C'eſt ce que le Phyſicien doit examiner, & il a beſoin pour cet effet de la machine pneumatique.

Planche II.

TROISIEME APPAREIL.

Machine pneumatique.

LA Machine pneumatique eſt compoſée d'un corps de pompe, de ſon piſton, d'une platine, d'un canal de communication entre le corps de pompe & les vaiſſeaux qu'on poſe ſur la platine, enfin d'un robinet.

Fig. 5.

Le corps de pompe A B (Pl. II, fig. 5.), eſt un cilindre de cuivre creux, exactement calibré dans toute ſa longueur: dans ce cilindre monte & deſcend un piſton C, fait de pluſieurs tranches de liége appliquées les unes ſur les autres & recouvertes avec autant de cuirs gras interpoſés & reployés ſur chaque liége. Nous avons été obligés de rendre la pompe tranſparente pour faire voir le piſton. Les tranches de liége dont il eſt compoſé ſont enfilées & retenues par une vis & un écrou, ſur une tige de fer C D, terminée en forme d'étrier, pour qu'on puiſſe faire deſcendre le piſton avec le pied. D E eſt une ſeconde tige de fer ſoudée vers la partie inférieure de la premiere, & terminée par une eſpece de poignée E F: elle ſert à faire remonter le piſton qu'on retire de bas en haut avec la main, tandis qu'on dirige cette opération avec le bout du pied, placé au-deſſous de l'étrier.

Le robinet de cette machine, que nous re- Planche
préſentons ſéparément (fig. 6.), exige la plus II.
ſcrupuleuſe exactitude; on lui donne com- Fig. 6.
munément trois pouces de longueur, & on l'applique le plus près qu'il eſt poſſible du corps de pompe. La clef *ab* en eſt la principale piece; elle eſt retenue en place par un écrou qui ſe viſſe à ſon extrémité *a*, & qui ſerre une plaque de cuivre mince, garnie d'un cuir gras, contre le bord de la douille dans laquelle il roule.

Cette clef, que nous repréſentons ſéparément (fig. 6.), eſt percée en deux ſens différens; 1°. d'un trou *a b* perpendiculaire à ſon axe, & qui ſert à établir une communication entre le corps de pompe & le vaiſſeau ou le récipient G (Pl. II, fig. 5.), qu'on applique ſur la platine de la machine pneumatique. 2°. D'un canal oblique *c d* (fig. 6.), qui regne dans l'épaiſſeur & ſur la longueur de la clef. L'origine *c* de ce canal étant tournée du côté du corps de pompe, il établit une communication entre la capacité de la pompe & l'air extérieur; de ſorte qu'en levant le piſton on force la colonne d'air qui vient de s'introduire dans la pompe, à ſe porter au-dehors par ce canal; ſi on tourne au contraire l'origine *c* du même canal, de

Fig. 6. Fig. 5. Fig. 6.

Planche II. façon qu'elle se porte du côté de la platine, il s'établit alors une communication entre le récipient & l'air extérieur ; & c'est par cette voie qu'on reporte de nouvel air sous le récipient.

Fig. 6. L'ouverture extérieure *d* (figure 6.) de ce canal est continuellement bouchée par une soupape *cd* : ce n'est autre chose qu'une espèce de coq de cuivre garni d'un cuir gras & poussé par un ressort *e*, contre l'orifice extérieur de la clef ; ce ressort retient cette soupape en situation : l'effort que l'air fait pour s'échapper du corps de pompe, lorsqu'il est poussé par le piston, suffit pour forcer le ressort & soulever la soupape, mais lorsqu'on veut renouveler l'air du récipient ou y introduire une portion de la masse d'air extérieur, il faut presser avec le doigt la queue *c* de la soupape.

La platine H est séparée du robinet par un pilastre *fg*, de cinq à six pouces de hauteur : la partie *f* de ce pilastre, surmonte la platine & excède son plan de six lignes : elle est taraudée, pour qu'on puisse visser dessus quantité de pieces que nous décrirons ailleurs, dont la base seroit trop petite pour les poser simplement sur la platine : la longueur du pilastre *fg* est percée d'un canal

canal de deux lignes ou environ de dia- Planche
metre. II.

Toute la machine eſt portée ſur un pied de bois triangulaire qui doit avoir vingt-quatre à vingt-ſix pouces de baſe ; les trois conſoles qui paroiſſent unir la platine à la pompe, ſervent plus à l'ornement qu'à la ſolidité de l'appareil.

On doit l'invention de cette machine à *Otto de Guerikue*, Bourguemeſtre de Magdebourg : elle fut enſuite perfectionnée par *Boyle* & par pluſieurs autres célébres Phyſiciens. Ceux qui ſeront curieux de connoître plus particuliérement l'hiſtoire de cette machine & des degrés de perfection par leſquels on l'a ſucceſſivement amenée à l'état où elle ſe trouve aujourd'hui, pourront conſulter les *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences.*

La bonté de cette machine dépend de l'exactitude avec laquelle elle évacue l'air du récipient, & du temps qu'elle peut contenir le vuide ſous ce vaiſſeau. On juge de ces deux effets en plaçant ſous le récipient un petit barometre tronqué qu'on nomme communément la *jauge* ou l'*éprouvette de la machine pneumatique.* On peut regarder cette derniere comme très-exacte, lorſquelle

Planche II. fait le vuide au point de faire descendre le mercure dans l'éprouvette à une ligne près du niveau, & lorsqu'elle le retient dans cet état pendant l'espace de vingt-quatre heures : il faut néanmoins avoir soin d'évacuer le récipient une seconde fois, une demi-heure ou environ, après la premiere opération, parce qu'il se dégage de l'air qui s'échappe du cuir & qui fait remonter le mercure, sans qu'on puisse s'en prendre à l'imperfection de la machine. On donne différentes formes à ces sortes d'éprouvettes; la suivante est sans contredit la meilleure.

Eprouvette de la machine pneumatique. Fig. 7. *abc* (Pl. II, fig. 7.), est un tube de verre courbé, dont les deux branches *ab*, *bc*, de trois pouces ou environ de longueur, sont paralléles entre elles ; la branche *ab* est soudée hermétiquement en *a*. On la remplit exactement de mercure qu'on purge d'air par ébullition; on applique ce tube sur une lame de cuivre A B, montée verticalement sur un pied creux de même métal P, pour poser cet instrument sur le centre de la machine pneumatique. Ce pied est percé d'un trou *o*, qui donne passage à l'air du récipient & lui permet de se porter dans le corps de pompe ; on tire une ligne du niveau du mercure, pris dans la branche *Ab*,

& on diviſe en deux parties égales la colonne de mercure renfermé dans la branche *b a*, ce qui donne la diviſion *de*. On diviſe enſuite la planche en deſſus & en deſſous en parties égales, communément en lignes, mais on a ſoin de placer cette graduation dans un ordre contraire, comme on peut l'obſerver dans la figure. Planche II.

La premiere diviſion compriſe dans l'eſpace *ae*, indique par lignes la chûte de la colonne correſpondante de mercure, & la ſeconde *fd*, marque ſon élévation progreſſive dans la ſeconde branche *b A*.

Plus la machine eſt exacte, plus la colonne de mercure qui s'éleve dans la branche *b A*, s'approche de la ligne *de*: mais on ne peut jamais l'amener à la hauteur de cette ligne, pour des raiſons que nous indiquerons ailleurs.

USAGE

De la Machine Pneumatique.

L'USAGE de cette machine ſe connoît facilement d'après ce que nous avons dit de ſa conſtruction. Nous obſerverons ici qu'il faut avoir ſoin de bien dreſſer le bord des récipiens, & en général, de tous les vaiſſeaux dans leſquels on ſe propoſe de faire le vuide. Préparation des vaiſſeaux dans leſquels on ſe propoſe de faire le vuide.

Planche II. On ſe ſert pour cela d'une plaque de fer plane, ſur laquelle on répand du grès ou du ſable paſſé au tamis & modérément mouillé. On fait promener ces vaiſſeaux circulairement ſur le ſable, juſqu'à ce qu'il en ait uſé les bords & que ceux-ci paroiſſent porter également ſur un plan.

Néceſſité d'un cuir mouillé entre le récipient & la platine. Quelque précaution qu'on ait apporté à dreſſer ces vaiſſeaux, quelque plane que ſoit la platine de la machine, l'air extérieur ſe feroit encore aiſément jour & paſſeroit librement ſous le récipient, ſi on n'avoit ſoin d'étendre ſur la platine un morceau de peau de mouton paſſée à l'huile. Il faut choiſir cette peau un peu épaiſſe & de même épaiſſeur dans ſon étendue; elle doit être mollette & bien imbibée d'eau chaque fois qu'on en fait uſage.

Maniere de conſerver le vuide. Si on ſe propoſe de conſerver le vuide pendant quelques jours, il faut verſer un peu d'eau ſur la platine autour du récipient, deux fois au moins dans l'eſpace de vingt-quatre heures, pour conſerver l'humidité du cuir. Dès qu'il ſe deſſéche il livre plus ou moins d'accès à l'air extérieur, & le vuide en devient d'autant moins parfait.

Autre maniere plus exacte. Il eſt quantité de circonſtances dans leſquelles l'humidité du cuir pourroit nuire au

ſuccès de l'expérience : dans ce cas, au lieu de poſer le récipient ſur un cuir mouillé, on le lute à la platine avec de la cire molle, dont on fait un cordon autour de ce vaiſſeau. On ſe ſert pour cela de cette eſpece de cire verte dont on fait uſage dans les offices pour attacher les criſtaux ſur des ſurtouts. Cette méthode d'ailleurs eſt beaucoup plus exacte que la précédente, pour faire le vuide & pour le conſerver long-tems. Planche II.

Nous obſerverons encore qu'on fait le vuide plus promptement & plus exactement lorſqu'on a attention de ne tourner le robinet & de n'ouvrir la communication entre le récipient & le corps de pompe, que lorſque le piſton commence à deſcendre, & mieux même lorſqu'il eſt déjà deſcendu d'un pouce ou environ. Un peu d'habitude à manipuler rend cette pratique commode & familiere. Revenons à l'expérience des plans de Magdebourg.

QUATRIEME APPAREIL.

Plans de Magdebourg dans le vuide. Fig. 8.

LES plans AB, CD (Pl. II, fig. 8.), étant unis entr'eux, on ſuſpend au plan inférieur, un poids G de huit à dix onces; on attache enſuite les deux plans au crochet du chaſſis HI, & on place le tout ſur la

Planche II. platine de la machine pneumatique : on recouvre cet appareil d'un récipient R.

USAGE
De cet Appareil.

LES choſes étant ainſi diſpoſées, on fait le vuide avec toute l'exactitude poſſible, & on remarque que les deux plans reſtent adhérens ; ce qui prouve manifeſtement que ſi la preſſion de l'air extérieur influe ſur l'adhérence de ces plans, elle n'eſt cependant pas la ſeule cauſe de ce phénomene.

Si les Carthéſiens nous oppoſent ici qu'on ne fait point le vuide exactement avec une machine pneumatique, quelque bonne qu'on la ſuppoſe, puiſque l'air ne s'évacue qu'en progreſſion géométrique ; nous leur répondrons que la maſſe d'air raréfiée, qui reſte ſous un tel récipient, ne pouvant ſoutenir qu'une colonne de mercure d'une ligne de hauteur, cette force eſt bien éloignée de celle avec laquelle ces deux plans demeurent unis. S'ils nous oppoſent alors que la matiere ſubtile ſe fait jour & pénétre facilement à travers les pores du récipient : que celui-ci étant continuement rempli de cette matiere extrêmement élaſtique, elle produit par ſon élaſticité l'effet qu'on remarque ici, la con-

tinuité d'adhérence entre les plans. Nous leur répondrons que ces plans étant de même matiere que le récipient, leurs pores livrent un accès auſſi facile aux écoulemens de la matiere ſubtile. Or un fluide qui paſſe librement par les pores de deux corps appliqués l'un contre l'autre ne peut contribuer à leur union; d'où il ſuit manifeſtement qu'il faut chercher une autre cauſe différente de la preſſion d'un fluide ambiant, pour expliquer l'adhérence qu'on remarque ici, lorſque le vuide ſe fait avec toute l'exactitude poſſible. Planche II.

PARAGRAPHE SECOND.

Appareils qui favoriſent l'opinion de Newton ſur la cauſe de la cohéſion.

TOUT le monde ſait que l'attraction, priſe dans le ſens de Newton, & telle qu'on doit l'admettre en Phyſique, eſt un phénomene général de la Nature: que c'eſt préciſément cette tendance à l'union qu'on remarque entre toutes les parties de la matiere, de quelque cauſe qu'elle procéde. Ne ſeroit-ce qu'une loi générale, en vertu de laquelle tous les corps, toutes les parties de la matiere tendent à s'unir les uns aux autres; tout le monde ſait que cette tendance,

Planche III. cette attraction eſt en raiſon directe des maſſes, dans toute circonſtance donnée, & qu'elle ſuit manifeſtement la raiſon inverſe du quarré des diſtances, lorſqu'elle ſe décele entre des corps éloignés les uns des autres. Nous n'examinerons point ici ſi cette force ſuit une autre loi, lorſque les corps ſe touchent, ou qu'ils ſont à la plus petite diſtance aſſignable du contact. Cette queſtion eſt traitée avec toute l'étendue ſuffiſante dans le premier volume des Elémens de Phyſique de M. *de Lafond*. Qu'il nous ſuffiſe de ſavoir ici que l'attraction, la tendance à l'union ſe décele de la maniere la moins équivoque entre tous les corps de quelque eſpece qu'ils ſoient.

PREMIER APPAREIL.

Adhérence très-marquée entre deux balles de plomb. Fig. 1.

A & B (Pl. III, fig. 1.), ſont deux balles de mouſquet auxquelles on adapte à vis deux crochets de fil de métal *a*, *b*; on fait, à l'aide d'un inſtrument bien tranchant, un ſegment d'une ligne ou environ de diametre, ſur la ſurface de chacune de ces balles, & dans la partie oppoſée aux crochets *a*, *b*.

Planche III.

USAGE
De cet Appareil.

APPLIQUEZ l'un ſur l'autre les deux ſegmens, tachez d'en exclure tout fluide interpoſé, en les faiſant mouvoir un peu & en les preſſant aſſez pour que leurs ſurfaces puiſſent ſe toucher immédiatement en pluſieurs points. Ces deux balles adhéreront tellement entr'elles, que l'une étant ſuſpendue à un point fixe R, un poids de plus de vingt livres, attaché au crochet de celle de deſſous, ne pourra les ſéparer.

On démontre facilement ici, qu'il doit exiſter une cauſe d'adhérence bien différente & bien ſupérieure à la preſſion de tout fluide ambiant quelconque. Cette derniere force ne pourroit excéder la preſſion de deux colonnes de mercure de vingt-huit à vingt-neuf pouces de hauteur, & dont la baſe ſeroit égale à l'un des grands cercles de ces balles. Or, il s'en faut étonnamment que cette preſſion équivale à la force avec laquelle elles adhérent entr'elles.

Si l'attraction de cohéſion ſe manifeſte auſſi ſenſiblement entre deux ſolides, elle ſe décele également entre les liquides.

Planche III.

SECOND APPAREIL.

La balance du D. Taylor. Fig. 2.

SUR le milieu d'une tablette AB (Pl. III; fig. 2.), s'éleve un pilaſtre creux CD, de huit à dix pouces de hauteur, dans lequel monte & deſcend une tige de métal *a b*: celle-ci porte la châſſe d'une balance EF, extrêmement mobile. Cette balance peut donc s'élever & s'abaiſſer à volonté; on la fixe à la hauteur qu'on juge convenable par une vis de preſſion *c*. Le poids P, ſuſpendu au-deſſous du bras E, fait équilibre au baſſin H, attaché à l'extrêmité du bras oppoſé F. On ſuſpend au-deſſous du poids P, un morceau de bois de ſapin G, d'un pouce quarré de ſurface & de cinq à ſix lignes d'épaiſſeur, ayant ſoin auparavant de le bien imbiber d'eau. On place au deſſous de ce morceau de bois, un vaiſſeau de criſtal I, en partie rempli d'eau, & l'appareil eſt en état.

USAGE

De cet Appareil.

LA balance étant diſpoſée de maniere que le morceau de bois G, ſoit à un pouce au-deſſus ou environ de la ſurface de l'eau compriſe dans le vaiſſeau I; on met ce morceau de bois en équilibre avec un contre-

poids ſuffiſant placé dans le baſſin H, & on remarque qu'un grain & même moins d'un grain en ſus, ſuffit pour rompre l'équilibre & faire trébucher ce baſſin. Planche III.

On fait enſuite deſcendre la tige *a b*, juſqu'à ce que la ſurface inférieure du morceau de bois G, ſoit tangente à la ſurface de l'eau du vaiſſeau I: on rétablit l'équilibre & on remarque alors qu'il faut ajouter quarante-huit, cinquante & quelquefois même cinquante-cinq grains, pour rompre cet équilibre & faire trébucher le baſſin H, ce qui prouve l'attraction mutuelle qu'exercent entre elles les gouttes d'eau renfermées dans le bois qui en eſt imbibé, & les molécules correſpondantes du même liquide contenu dans le vaiſſeau I.

On peut ajouter à ces preuves expérimentales nombre d'obſervations déduites de la figure qu'affectent les gouttes de liqueur ſur des plans de denſité différente. On peut encore obſerver la figure qu'elles prennent lorſqu'elles ſont très-proches du point de contact; celle qu'elles préſentent lorſqu'elles ſe réuniſſent & qu'elles ſe confondent. Ce ſont autant d'obſervations importantes que le Phyſicien ne doit point négliger : il les trouvera parfaitement bien décrites dans les

Planche III. Elémens de Phyſique de *s'Graveſande*, & dans les Inſtitutions Newtoniennes de *l'Abbé Sigorne*.

L'appareil ſuivant ſert à démontrer cette même attraction entre des ſolides & des liquides. On la démontreroit également bien avec l'appareil que nous venons de décrire. Il ne s'agiroit que de ſubſtituer au plan de bois dont on y fait uſage, un plan de glace de mêmes dimenſions, & du mercure au lieu de l'eau dont on ſe ſert. En répétant l'expérience avec les mêmes précautions, & ayant ſoin ſur-tout que la ſurface du mercure ſoit bien nette, on voit qu'il faut quelquefois plus de cent cinquante grains pour rompre l'équilibre ; ce qui [illegible]ve la force attractive que la glace & l[illegible]ercure exercent l'un contre l'autre. On nétoie & l'on donne à la ſurface du mercure la netteté qu'elle doit avoir pour cette expérience, en paſſant deſſus le tranchant d'une carte à jouer. De cette maniere on enleve l'eſpece de chaux, ou de poudre noire dont la ſurface de ce fluide ſe couvre à l'air.

Même appareil pour démontrer l'attraction entre les ſolides & les liquides.

TROISIEME APPAREIL.

Appareil de Grimaldi pour démontrer l'attraction entre des ſolides & des liquides.

PRÉPAREZ le volet d'une fenêtre expoſée aux rayons du ſoleil, de maniere que

vous puiſſiez introduire par une ouverture A (Pl. III, fig. 3), pratiquée à ce volet, un rayon de lumiere BC; ayez un guéridon DE, qui porte une lame triangulaire de cuivre D. Planche III. Fig. 3.

USAGE
De cet Appareil.

MARQUEZ la trace du rayon ſolaire lorſque rien ne s'oppoſe à ſa direction naturelle, & vous lui verrez ſuivre une ligne droite BC, tirée de l'ouverture de la fenêtre au point où il viendra aboutir dans la chambre. Recommencez l'expérience, mais en plaçant le guéridon de maniere que la pointe de la lame D ſe trouve à une très-petite diſtance au-deſſous de ce rayon dans un des points de ſon trajet, & vous obſerverez qu'au lieu d'arriver directement en C, il ſera attiré par la pointe D & ſe courbera vers F, ce qui prouve l'attraction qu'un ſolide exerce contre un fluide.

QUATRIEME APPAREIL.

AYEZ deux flacons, l'un rempli d'huile de tartre, & l'autre d'huile de chaux; ayez avec cela une petite capſule ou une ſoucoupe de criſtal. Attraction manifeſtée par la converſion de deux liquides en ſolide.

Planche III.

USAGE
De cet Appareil.

VERSEZ dans la capſule une petite quantité de l'une des deux liqueurs ; verſez pardeſſus une quantité ſemblable de l'autre liqueur ; l'une & l'autre très-limpides & très-coulantes : agitez le mélange avec le doigt ou avec une ſpatule de bois ; vous verrez alors les deux liqueurs ſe combiner & perdre inſenſiblement leur liquidité. En continuant de les agiter vous les convertirez en une maſſe, une eſpece de pâte ſuffiſamment ſolide pour prendre & retenir la forme que vous jugerez à propos de lui donner.

L'huile de chaux qu'on emploie dans cette expérience, n'eſt autre choſe que l'acide marin combiné avec une terre calcaire calcinée & réduite en chaux par la perte de ſon air fixe. L'huile de tartre eſt un alkali fixe, qui s'unit dans le mélange à l'acide marin, & forme avec lui un ſel neutre, qui n'eſt ſoluble que dans une grande quantité d'eau. Ce ſel s'uniſſant à la terre de la chaux qui ſe ſépare de l'acide & qui ſe précipite dans l'état de craie, l'alkali fixe lui ayant rendu le principe qu'elle avoit perdu dans la calcination, il forme avec cette même

terre ce *coagulum* plus ou moins ſolide, qui prouve la force attractive avec laquelle ces parties ſe réuniſſent. Planche III.

SECTION SECONDE.

Des Appareils néceſſaires pour démontrer les propriétés générales des corps.

On appelle propriétés dans un corps, tout ce qui affecte quelqu'un de nos organes, & excite en nous le ſentiment de ſa préſence. Mais ces propriétés peuvent être *générales*, en ce qu'elles ſe font obſerver dans tous les corps indiſtinctement, & en toutes circonſtances, ou *particulieres*, c'eſt-à-dire, qu'elles peuvent ne convenir qu'à quelques corps en particulier, & c'eſt ce qu'il faut bien diſtinguer. On doit encore diſtinguer avec le même ſoin ce qu'on appelle modes dans le corps. Ce ſont bien des affections, des qualités, des propriétés ſi on le veut; elles peuvent même convenir à tous les corps, mais elles ne leur conviennent qu'en quelques circonſtances données, & non conſtamment. Voyez le *mouvement* & le *repos*: ils conviennent à tous les corps; mais ils ne leur conviennent point en tout tems, en toutes circonſtances:

Planche III. au contraire ils s'excluent mutuellement dans le même corps.

Division de cette section. On range communément parmi les propriétés générales des corps, leur *étendue*, leur *figure*, leur *impénétrabilité*, leur *porosité*, leur *divisibilité*, leur *mobilité*. Chacune de ces propriétés nous fournira la matiere d'un article particulier, à l'exception des deux premieres que nous croyons devoir réunir dans l'article suivant.

ARTICLE PREMIER.

Des Appareils propres à démontrer ce qui concerne l'étendue & la figure des corps.

De l'étendue. GRAND débat entre les Physiciens sur la nature de l'étendue, sur ce qui la constitue. Fait-elle l'essence des corps? Autre question trop long-tems agitée dans l'Ecole, & faite uniquement pour exercer l'imagination de ceux qui aiment les disputes métaphysiques. Il est cependant important d'exposer succintement ces questions, & de fixer les idées qu'il convient de s'en former. On peut consulter à ce sujet le Cours de Physique du *D. Desaguilliers*, & les Institutions Newtoniennes de *la Marquise du Châtelet*.

Tout

Planche III. De la figure.

Toute étendue eſt bornée & conſéquemment figurée; c'eſt un point ſur lequel on eſt univerſellement d'accord: mais on ne l'eſt pas également ſur l'eſpece particuliere de figure que chaque être matériel affecte. Les uns admettent des figures ſimilaires, d'autres prétendent qu'elles ſont toutes variées dans chaque individu de même eſpece. C'eſt ſur quoi il convient de conſulter l'expérience, après avoir expoſé les raiſons ſur leſquelles chaque opinion s'appuie.

APPAREIL.

Microſcope. Fig. 4.

L'INSTRUMENT repréſenté (Pl. III, fig. 4), eſt un Microſcope. Il eſt compoſé d'un corps A, qui renferme trois verres convexes: le premier eſt de quinze lignes de foyer & ſe nomme *l'oculaire*, parce qu'il eſt placé au haut du tube & du côté de l'œil de l'Obſervateur. Le ſecond s'appelle *l'objectif*; il porte trente lignes de foyer. Il eſt placé à la ſomme de la diſtance de ſon foyer & de celui de l'oculaire. Le troiſieme eſt un verre lenticulaire d'un très-court foyer; on en fait ordinairement depuis une ligne juſqu'à ſix, & on les poſe au bas du tube à une diſtance plus ou moins éloignée de l'objectif, ſuivant la proportion qui paroît la plus con-

Planche III. venable. L'effet de ces trois verres consiste à augmenter d'une maniere très-sensible, les dimensions des objets placés au foyer de la lentille.

Le corps de l'instrument est monté à vis dans une lame de cuivre B, solidement fixée sur la tige E F: celle-ci glisse le long de la tige C D. Elles sont l'une & l'autre renfermées en partie dans une petite caisse O P.

Au-dessus de cette caisse on remarque une platine G, fixée à angles droits à la tige C D: cette platine, percée à son centre, reçoit une cage *d* (fig. 5.), dans laquelle on glisse les porte-objets. Fig. 5.

Ces objets sont éclairés par un miroir de réflexion M, qu'on dispose sous un angle de quarante-cinq degrés, & de maniere que la lumiere qu'il reçoit soit réfléchie sur l'objet qu'on veut observer, & que nous supposons transparent. On ajoute communément à cet instrument deux autres pieces T & V (fig. 4). Fig. 4. La premiere est une loupe destinée à réfléchir la lumiere sur les objets opaques qu'on veut examiner. La seconde est une pince faite pour saisir des insectes & autres objets de cette espece, & les contenir sous la lentille.

Lorsqu'on veut mettre ces objets à la distance convenable de la lentille, on fait monter

ou deſcendre le corps A de l'inſtrument : celui-ci eſt ſuſceptible de deux mouvemens ; l'un prompt & l'autre lent. Le mouvement prompt s'exécute en deſſerrant la vis *e*, qui fixe la bride I ſur la longueur des tiges. Dans ce cas, on fait monter ou deſcendre librement la tige EF, & le mouvement de cette tige entraîne celui du microſcope. Lorſqu'on commence à diſtinguer l'objet, on acheve de mettre l'inſtrument au point où il doit être en faiſant uſage de la vis de rappel K. Pour cela on ſerre la vis *e*; on fixe la bride I ſur la tige CD & on fait tourner la vis K à droite ou à gauche. Elle communique un mouvement au corps de l'inſtrument, qui monte ou qui deſcend, juſqu'à ce que l'objet ſoit parfaitement diſtinct ou tranché. Planche III.

S'il eſt des corps ſur la figure deſquels il peut reſter quelque incertitude, ce ſont ſans contredit les criſtalliſations des ſels ; leur figure paſſe aſſez généralement pour ſimilaire. Ce ſont donc ceux-ci qu'il convient de ſoumettre à l'expérience.

Usage de cet Appareil.

Faites diſſoudre à froid ou à chaud, ſuivant la qualité du ſel dont vous ferez Obſervations ſur les criſtalliſations des ſels.

Planche III. uſage; faites, dis-je, diſſoudre dans autant de vaiſſeaux particuliers, quelques grains de ſels de différentes eſpeces, & dans une quantité ſuffiſante d'eau diſtillée. On prend par préférence de l'eau diſtillée, parce qu'elle doit être purgée, autant qu'il eſt poſſible, de tout corps étranger qui pourroit, par ſon mélange, altérer la forme des criſtalliſations.

Prenez avec le bec d'une plume quelques gouttes de ces diſſolutions; étendez-les ſur
Fig. 6. des lames de verre AB (Pl. III, fig. 6.), bien nettes & bien tranſparentes, placez-les horizontalement ſur une table & laiſſez-les dans cet état juſqu'à ce que l'eau qui ſert de véhicule aux parties ſalines, ait eu le tems de s'évaporer. Ces parties ſeront alors rapprochées & formeront ſur ces lames des criſtalliſations particulieres.

Placez ſéparément chacune de ces lames
Fig. 5. dans la cage *d* (fig. 5.), & de-là ſous la lentille du microſcope, mais choiſiſſez une lentille qui groſſiſſe peu. Je me ſers aſſez ordinairement pour cette expérience, d'une lentille de cinq lignes de foyer. Diſpoſez le
Fig. 4. miroir de réflexion M (fig. 4.), de maniere que l'objet ſoit parfaitement éclairé, ſans cependant l'être trop; ce qui occaſionneroit

des iris. On évite cet inconvénient en dimi- Planche
nuant l'ouverture par laquelle la lumiere par- III.
vient à l'objet. On la diminue à l'aide d'un modérateur qui ſe met au-deſſous & qui tient à la cage *d*: on le voit en R (fig. 5.) détaché Fig. 5.
du microſcope & de la cage.

Les choſes étant ainſi diſpoſées, & la lentille de l'inſtrument étant placée à ſon foyer, on obſerve que chaque eſpece de ſel affecte une forme particuliere dans ſa criſtalliſation; & on remarque que quoique chaque eſpece ait une criſtalliſation dont la forme paroît conſtante & ſimilaire, au premier aſpect, la lentille y fait néanmoins découvrir des différences très-ſenſibles.

Applications au mécaniſme du goût.

En réfléchiſſant ſur la diverſité des formes que chaque criſtalliſation affecte, le Phyſicien peut expliquer facilement le mécaniſme des ſenſations que les ſubſtances ſalines excitent. Il peut démontrer aiſément que la diverſité de ces ſenſations dépend particuliérement du mélange des ſubſtances ſapides, & qu'on peut varier leur action ſur l'organe du goût en émouſſant plus ou moins leurs pointes ou leurs angles. On en trouve la preuve dans une expérience facile à faire. Un mélange de trois parties d'eſprit-de-vin & d'une partie d'acide nitreux fait perdre à ce dernier ſa

Planche III. cauſticité & l'adoucit au point qu'on peut en mettre impunément quelques gouttes ſur la langue ſans qu'elle en ſoit bleſſée. *Conſultez ſur le mécaniſme de la ſenſation du goût le premier volume des Elémens de Phyſique-théorique expérimentale* déjà cités.

Article Second.

Des Appareils propres à démontrer l'impénétrabilité des Corps.

L'étendue matérielle ou l'étendue des corps oppoſe toujours une réſiſtance plus ou moins marquée, & cette réſiſtance occaſionne l'impénétrabilité : elle fait qu'un corps occupant un eſpace, en exclud tout autre corps qui voudroit s'en emparer. On démontre cette vérité par voie d'analogie, en faiſant obſerver que l'air qui paroît le moins impénétrable, jouit cependant très-complétement de cette propriété.

Premier Appareil.

Appareil propre à démontrer l'impénétrabilité de l'air.

Fig. 1. AB (Pl. IV, fig. 1.), eſt un vaiſſeau de criſtal d'un pied ou environ de profondeur, & rempli d'eau juſqu'aux trois-quarts de ſa capacité. On poſe ſur la ſurface de cette eau une tranche de liége C, ſur laquelle on atta-

che un petit morceau de bougie allumée, de façon que le tout ſoit ſpécifiquement moins peſant que l'eau & conſéquemment ſurnage. On allume la bougie & on recouvre l'appareil d'un vaiſſeau cylindrique DE, fermé par le haut. Planche IV.

USAGE de cet Appareil.

SI on plonge le vaiſſeau DE juſqu'au fond *ab* du grand vaſe AB, la tranche de liége C, deſcend à proportion de l'immerſion, & la bougie reſte allumée. L'eau ne s'éleve donc point dans le vaiſſeau DE, à cauſe de la réſiſtance qu'elle éprouve à ſon élévation, de la part de l'air renfermé dans la capacité de ce vaiſſeau. L'air eſt donc impénétrable.

Il eſt cependant important de conſidérer ici la compreſſibilité de l'air, & de faire obſerver que, quoiqu'impénétrable, ce fluide céde néanmoins juſqu'à un certain point à l'effort de l'eau : qu'il ſe condenſe vers la voûte du vaiſſeau, & qu'il abandonne à l'eau qui tend à s'y élever, une portion de l'eſpace qu'il occupe. De-là le défaut de la cloche du plongeur, ingénieuſement imaginée vers la fin du ſiecle dernier, pour faire deſcendre un homme en mer, & le mettre à l'abri de ſe noyer. Mais en portant cet inſtrument à une grande profondeur, ſa vie n'eſt guère plus

Obſervation ſur la compreſſibilité de l'air.

Planche IV. en ſûreté, ce qui eſt très-facile à concevoir. Conſidérez en effet que l'air étant très-compreſſible, céde à proportion de l'effort que fait l'eau pour s'élever ſous la cloche, & qu'il ſe condenſe vers la voûte de cette machine. Or cet effort croît à raiſon de la profondeur de l'immerſion, puiſque la preſſion des fluides, la baſe demeurant la même, augmente en raiſon directe de la hauteur. L'air refoulé, pour ainſi dire, vers le haut de la cloche; devient donc très-denſe & dangereux à reſpirer, lorſque la cloche ſe trouve plongée à une très-grande profondeur. Auſſi les expériences multipliées qu'on a faites de cette machine ont-elles toutes dépoſé conſtamment contre ſon uſage. On a toujours vu les perſonnes ſoumiſes à cette épreuve attaquées d'hémorragies fâcheuſes; & malgré tout ce qu'on a pu faire pour obvier à ce danger, on n'a jamais pu y parvenir. Auſſi a-t-on été obligé d'abandonner totalement ce moyen. *Conſultez, ſur la conſtruction de cette ingénieuſe machine & ſur les différens moyens qu'on a imaginés pour la perfectionner, l'Ouvrage de Sturmius, intitulé :* COLLEGIUM CURIOSUM. *A ſon défaut, voyez ce que nous en avons dit dans le premier volume de nos Elémens.*

SECOND APPAREIL. Planche IV.

A (Pl. IV, fig. 2.), eſt un entonnoir de criſtal exactement maſtiqué au goulot C d'un flacon ou d'une bouteille B. La jonction de ces deux vaiſſeaux eſt tellement fermée en C, que l'air ne peut s'inſinuer par cet eſpace. Autre appareil propre au même effet.

USAGE de cet Appareil.

VERSEZ bruſquement de l'eau dans l'entonnoir, afin d'en engorger la queue. Cet orifice étant obſtrué, l'air de la bouteille B ne pourra s'échapper, & il réſiſtera efficacement à l'eau, *malgré l'effort* qu'elle fera pour *s'introduire dans* la capacité de ce dernier vaiſſeau.

Pour peu qu'on réfléchiſſe ſur les deux expériences que nous venons de rapporter, on verra manifeſtement que l'air eſt impénétrable, & conſéquemment que cette propriété convient à tous les corps. Il reſte donc à rendre raiſon de quantité de phénomenes qu'on obſerve, & qu'on ſeroit tenté de regarder comme autant de pénétrations de la matiere. Ces phénomenes s'expliquent aiſément lorſqu'on conſidére la multitude prodigieuſe de pores qui ſe trouvent répandus entre les parties intégrantes de tous les mixtes, & qui vont faire l'objet de l'article ſuivant. Pénétrations apparentes.

Planche IV.

ARTICLE TROISIEME.

Des Appareils propres à démontrer la porosité des Corps.

TOUS les corps sont poreux; la porosité est une propriété aussi universelle que la précédente, & dont on constate également l'existence par voie d'analogie, en examinant séparément différens corps pris indistinctement dans les trois régnes de la Nature.

Nous supposerons ici qu'on est au fait de ce qu'on entend communément par le volume d'un corps, sa masse, sa densité absolue, sa densité relative, sa rareté, &c. Ces idées d'ailleurs sont trop faciles à saisir pour nous y arrêter, & nous nous bornerons à les exposer & à les développer lorsque l'occasion s'en présentera.

PREMIER APPAREIL.

Appareil propre à démontrer la porosité des substances animales.

Fig. 3.

A (Pl. IV, fig. 3.) est un bassin de cristal beaucoup plus large que profond. BC est un morceau de peau quelconque; on prend cependant ordinairement un morceau de peau de mouton passée en huile; elle est plus commune & très-propre à cet effet. Elle est re-

ployée ſur elle-même pour contenir deux onces ou environ de mercure: on la lie avec une ficelle & on en forme une eſpece de nouet. Planche IV.

Usage de cet Appareil.

Saisissez ce nouet d'une main & à une diſtance aſſez élevée au-deſſus du baſſin A preſſez-le de l'autre main; le mercure cédant à la compreſſion que vous lui ferez éprouver, ſe fera jour à travers la peau, ſortira par ſes pores & tombera dans le baſſin ſous la forme d'une pluie d'argent.

En conſidérant attentivement la quantité prodigieuſe de globules de mercure qui ſe tamiſent dans une petite étendue de la ſurface de cette peau, on peut juger, juſqu'à un certain point, de la multitude innombrable de pores qui ſe trouvent diſſéminés ſur la ſurface d'une peau animale quelconque, puiſque toutes feroient obſerver le même phénomene. On peut donc dire que toute peau animale quelconque, ſans en excepter la peau humaine, eſt parſemée d'une multitude incroyable de petites ouvertures, de pores, à travers leſquels s'échappe la matiere de la tranſpiration inſenſible; évacuation indiſpenſablement néceſſaire à la bonne conſtitution de l'économie animale, & qui ne peut être

De la tranſpiration inſenſible.

Planche IV. ſupprimée juſqu'à un certain point, ſans qu'il en réſulte des accidens plus ou moins fâcheux. On ſait, d'après les expériences de *Sanctorius*, d'après celles de M. *Dodard* & du *D. Jean Keill*, que cette évacuation, quelque diverſifiée qu'elle ſoit dans ſa quantité, vu la différence des climats, des ſaiſons, des tempéramens, des exercices auxquels on ſe livre, ſurpaſſe néanmoins la ſomme de toutes les autres évacuations ſenſibles qu'on peut faire en vingt-quatre heures. De-là on conçoit combien elle doit être néceſſaire dans l'économie animale, & quelles précautions on doit prendre pour ne point contrarier la nature dans l'exercice de nos fonctions, que M. *Sigaud de la Fond* a dévelopées dans le ſecond volume de ſes Leçons ſur l'économie animale.

SECOND APPAREIL.

Autre Appareil deſtiné au même uſage. Fig. 4. S (Pl. IV, fig. 4.) eſt un petit ſupport de bois placé ſur la platine de la machine pneumatique, ſur lequel on établit un vaiſſeau cylindrique de criſtal A. On renferme dans celui-ci un œuf de poule B, on le remplit d'eau & on le recouvre d'un récipient R.

USAGE de cet Appareil.

FAITES le vuide ſous le récipient R, &

vous obſerverez qu'à proportion que vous ferez agir la pompe, l'air compris dans l'œuf s'échappera par une multitude de pores répandus ſur ſa ſurface. Cet air s'élevera ſous la forme de petits globules à travers la maſſe d'eau, & viendra ſe développer ſous le récipient *R*. L'expérience réuſſit beaucoup mieux, lorſque l'œuf eſt un peu vieux, parce qu'il contient alors une plus grande quantité d'air qui prend la place de la partie laiteuſe à meſure qu'elle ſe diſſipe. Planche IV.

Il eſt nombre de circonſtances où il ſeroit avantageux & même important de conſerver les œufs *frais* pendant long-tems.

Le Phyſicien ne doit point ignorer les différens moyens qu'on a imaginés & qu'on a mis en pratique à cet effet; l'expérience précédente leur donne lieu d'en parler; & il ne peut trop recommander la pratique de *M. de Reaumur*: nous l'avons décrite dans *le premier volume de nos Elémens.*

TROISIEME APPAREIL.

Appareil propre à démontrer la porosité des ſubſtances végétales.

AB (Pl. IV, fig. 5.) eſt un flacon ou une bouteille dont le cul eſt renfoncé & le bord C B uſé de maniere qu'il peut s'appliquer exactement ſur la platine de la machine pneumatique, & y faire l'office d'un Fig. 5.

Planche IV. récipient. Cette bouteille est percée à son fond, & on a mastiqué à cette ouverture un tube DE, ouvert à ses deux extrémités. Ce tube est destiné à établir une communication entre l'intérieur de la bouteille & le corps de pompe de la machine pneumatique; il empêche en même tems que l'eau dont la bouteille doit être en partie remplie, ne s'écoule par l'ouverture faite au fond de ce vaisseau.

Au col du même vaisseau est adapté & exactement mastiqué, une virole de métal F, par l'ouverture de laquelle on introduit dans la bouteille une substance végétale GH, telle qu'une branche d'arbre, une tige de plante, &c. Il faut avoir soin sur-tout que cette substance soit elle-même exactement mastiquée à l'ouverture par laquelle elle passe dans le vaisseau, & que l'air extérieur ne puisse s'y introduire par cet orifice. On se sert commodément, à cet effet, de cire molle, dont on remplit en partie la virole F. On renverse cet appareil & on fait passer de l'eau dans la bouteille par le canal DE: elle doit être remplie jusqu'à l'origine E de ce canal.

USAGE de cet Appareil.

ON pose le flacon AB sur le cuir de la

machine pneumatique, & on fait agir la pompe; l'air compris dans la partie ſupérieure de ce vaiſſeau s'évacue, & celui qui eſt renfermé dans la ſubſtance végétale cédant à ſon expanſion, ſe dégage & ſe fait jour à travers les pores de cette ſubſtance; d'où il s'élance dans la maſſe d'eau, ſous la forme de petits globules. On voit donc les pores dont cette ſubſtance eſt remplie. Planche IV.

Au défaut de cet appareil, on peut ſe contenter d'attacher avec de la cire molle, au fond d'un vaiſſeau cylindrique ſemblable à celui de la figure 4, les ſubſtances végétales qu'on veut ſoumettre à l'expérience, & on les traite alors de la même maniere que l'œuf dont nous venons de parler. C'eſt ainſi qu'on procéde lorſqu'on veut conſtater la poroſité des coquilles d'une noix.

L'expérience de l'encre de ſympathie peut encore trouver ici ſa place. Elle ſe fait en écrivant ſur du papier blanc avec une diſſolution de ſel de ſaturne; l'écriture diſparoît dès que le papier eſt ſec. Ce papier, mis entre les premiers feuillets d'un livre, ſi on verſe ſur les derniers quelques gouttes d'une diſſolution de chaux vive & d'orpiment rouge, & qu'on mette enſuite le livre en preſſe pendant quelques momens, l'évapo- Encre de ſympathie.

Planche IV. ration de cette derniere liqueur colore l'écriture & la fait reparoître.

QUATRIEME APPAREIL.

Appareil propre à démontrer la porosité des substances minérales. Fig. 6.

AYEZ plusieurs vaisseaux de cristal semblables à celui qui est représenté par AB (Pl. IV, fig. 6); ce sont des especes de verres dont la coupe a huit à dix pouces de profondeur, pour empêcher que les matieres qu'on y met en dissolution ne s'épanchent lorqu'elles se tuméfient & qu'elles s'élevent vers le haut du vaisseau.

USAGE de cet Appareil.

METTEZ dans l'un de ces vaisseaux un gros de limaille de fer; mettez dans un autre même poids de limaille ou de raclure de cuivre rouge. Versez dans l'un & dans l'autre quatre gros ou environ d'acide nitreux; vous observerez aussitôt une violente effervescence, une forte ébullition, accompagnées de vapeurs très-épaisses, & en peu de tems les métaux seront dissous & répandus dans leur dissolvant. Ils sont donc poreux, puisqu'ils donnent accès à ce dissolvant.

Observations sur les dissolutions. Cette expérience offre nombre de phénomenes, tous également propres à satisfaire la curiosité

curioſité du Phyſicien. Quelle eſt la cauſe immédiate de la diſſolution d'un métal? Comment arrive-t-il que les métaux, quoique ſpécifiquement plus peſans que leur diſſolvant, y demeurent cependant ſuſpendus? Pourquoi tous les métaux ne ſe diſſolvent-ils pas également dans le même diſſolvant? Pourquoi, par exemple, celui qui diſſout très-bien l'or, ne peut-il également diſſoudre l'argent, & réciproquement? Comment ſe fait-il qu'un diſſolvant ſaturé d'un métal, en attaque encore un autre plus facile à diſſoudre, & abandonne ſouvent le premier ſur la ſurface de celui qu'on lui préſente enſuite? Tous ces effets dépendent d'une théorie particuliere qu'on connoît en Chimie ſous le nom de *Théorie des affinités*, dont nous donnerons une légere idée. Planch. IV.

APPENDIX.

Des Appareils propres à démontrer la Théorie des affinités.

AFFINITÉ en Chimie, ou *attraction de cohéſion* en Phyſique, ſont deux expreſſions tout-à-fait ſynonimes; & ſi le Chimiſte diſtingue différentes eſpeces d'affinités, il ne

Planche IV. prétend pas pour cela assigner autant de causes particulieres, mais bien une diversité d'effets tous dépendans de la même cause, différemment modifiée ; & le Physicien ne peut trop insister sur ces différences qui répandent le plus beau jour sur une théorie des plus importantes. Il doit distinguer d'abord avec soin, *l'affinité d'aggrégation* de *l'affinité de composition.*

Affinité d'aggrégation. La premiere a lieu entre les parties similaires d'une même substance, elle fait observer une cohésion beaucoup plus forte entre les parties qui se réunissent.

Affinités de composition. La seconde se fait également remarquer, mais avec moins d'intensité entre des parties hétérogenes qui concourent à la formation d'un mixte.

Dans ce dernier cas, il convient d'étudier les propriétés du mixte qui résulte de l'union de ces principes hétérogenes, & d'observer qu'elles participent pour l'ordinaire, & qu'elles tiennent le milieu entre celles de chacun des principes hétérogenes.

Appareil pour démontrer que les propriétés d'un mixte participent à celles de chacun de ses principes. Fig. 6.

PREMIER APPAREIL.

UN vaisseau AB (Pl. IV, fig. 6.), un flacon rempli d'acide nitreux, une once de marbre blanc pulvérisé, suffisent à l'opération suivante.

USAGE de cet Appareil. Planche IV.

La poudre de marbre miſe dans le vaiſſeau AB, on verſe par-deſſus, & à pluſieurs repriſes, quatre onces d'acide nitreux. Il ſe fait d'abord une forte efferveſcence, une ébullition très-marquée. Laiſſez calmer ces mouvemens & examinez enſuite les qualités du mélange, vous le trouverez modérément ſalé, un peu amer & légérement piquant; l'odeur en ſera pareillement affoiblie. Or, les principes de ce mixte ſont la poudre de marbre qui ne porte ni odeur ni ſaveur, & l'acide nitreux qui répand une odeur extrêmement forte, & dont la ſaveur eſt très-piquante & même corroſive.

L'alliage des métaux produit des phénomenes ſemblables, & offre au Phyſicien une multitude d'obſervations très-importantes. Il eſt des métaux qui s'allient plus facilement que d'autres; il en eſt quelques-uns qui ne peuvent s'unir; c'eſt ce qu'on remarque entre le fer & le plomb. Il en eſt de même des demi-métaux. Le zinc, par exemple, s'unit très-bien avec toute matiere métallique, à l'exception du biſmuth. Ce n'eſt point ici le lieu de chercher la raiſon de ces phénomenes. Mais voici ce que nous devons ob-

Planche IV. ſerver : tout alliage donne une matiere métallique très-différente des métaux ſimples qui entrent dans ſa compoſition, ceux-là pris ſéparément. Elle participe néanmoins juſqu'à un certain point aux diverſes qualités de ſes parties conſtituantes. On remarque dans toute eſpece d'alliage, que la dureté du mixte devient ſupérieure à celle de chacun des métaux alliés. Il en eſt même pluſieurs auxquels le mélange procure plus de ductilité que celle qui leur eſt propre en leur particulier. Il en eſt également quelques-uns qui acquierent par l'alliage une telle fuſibilité, que la ſeule chaleur de l'eau bouillante ſuffit pour les rendre fluides ; c'eſt ce qu'on remarque dans un mélange fait de huit parties de biſmuth & de quatre parties d'étain & de plomb, conformément aux recherches faites par M. *Darcet*. On les trouvera conſignées dans *le Journal de Phyſique pour le mois de Mars 1777*.

Affinité d'intermede. Lorſqu'on combine enſemble trois principes ou trois ſubſtances, parmi leſquelles il s'en trouve une qui n'a d'affinité qu'avec l'une des deux autres, mais que cette affinité eſt égale à celle que ces deux dernieres ont entre elles, la combinaiſon des trois a lieu ; & c'eſt ce phénomene que les Chimiſtes

déſignent ſous le nom d'*affinité d'inter-mede*. Planche IV.

Le ſoufre, par exemple, n'a aucune affinité & ne peut s'unir immédiatement avec l'eau; mais ajoutez à l'eau de l'alkali fixe, cette derniere ſubſtance ayant à peu-près le même degré d'affinité avec l'eau qu'avec le ſoufre, elle leur ſervira d'interméde. Les trois ſubſtances ſe combineront alors, & il en réſultera un mixte qu'on connoît ſous le nom de *foie de ſoufre*.

Affinité de précipitation.

Deux ſubſtances étant combinées, ſi on leur préſente une troiſieme qui n'ait que très-peu d'affinité avec l'une des deux premieres, mais dont l'affinité avec l'autre ſoit ſupérieure à celle qui unit les deux premieres, il ſe formera alors une décompoſition & une nouvelle compoſition. La troiſieme ſe combinera avec celle des deux avec laquelle elle aura une forte affinité, & l'union entre les deux premieres ſera détruite en même tems. Ce phénomene eſt connu en Chimie ſous le nom de *précipitation*; c'eſt un des plus importants à connoître, & qu'on peut facilement démontrer par le procédé ſuivant.

Planche IV.

SECOND APPAREIL.

Appareil d'une précipitation chimique; l'Arbre de Diane.

FAITES à froid un amalgame de quatre gros d'argent en feuilles & de deux gros de mercure; faites dissoudre cet amalgame dans quatre onces d'acide nitreux bien pur & médiocrement concentré; étendez cette dissolution dans une livre & demie d'eau distillée; gardez cette liqueur dans un flacon bien bouché.

Faites encore un nouvel amalgame de mercure & d'argent, mais dans lequel le mercure domine au point que cet amalgame soit mou & maniable comme du beurre.

USAGE de cet Appareil.

METTEZ gros comme une lentille de cet amalgame dans un verre bien conique AB, Fig. 7 (Pl. IV. fig. 7.); versez par-dessus trois onces ou environ de la liqueur dont nous venons de parler; posez le verre sur une table & laissez-le en cet état: l'acide nitreux dissoudra le mercure qui domine dans le petit bouton d'amalgame; l'argent compris dans la dissolution se précipitera, s'attachera sur ce bouton métallique, & s'y élevera sous la forme de petits rameaux d'argent qui conserveront leur brillant métallique: deux phé-

nomenes curieux & faciles à expliquer dans la théorie des affinités. Planche IV.

ARTICLE QUATRIEME

Des Appareils propres à démontrer la prodigieuſe diviſibilité des corps.

TOUT corps eſt diviſible, mais juſqu'à quel point eſt-il diviſible ? C'eſt une queſtion purement métaphyſique dont nous abandonnons la ſolution à ceux qui aiment ces ſortes de paradoxes.

Il eſt cependant important au Phyſicien d'approfondir une queſtion auſſi long-tems agitée dans l'Ecole. Il pourra conſulter à ce ſujet *les Théorèmes de Keil*; il y trouvera les démonſtrations les plus ſolides en faveur de la diviſibilité de la matiere à l'infini. Il pourra conſulter encore une Lettre de M. l'Abbé *Deidier*, intitulée : *Lettre d'un Abbé ſur la diviſibilité de la matiere.* Mais quelles que ſoient les preuves qu'on puiſſe apporter en faveur ou contre l'opinion de la diviſibilité de la matiere à l'infini, on voit manifeſtement, lorſqu'on examine cette queſtion, qu'on peut également ſoutenir l'affirmative ou la négative. S'il s'agit en effet d'une

Partie IV. division purement *idéale*, purement métaphysique, *mathématique*, alors on est en droit dire que la *matiere* est divisible à l'infini. On conçoit *effectivement* ici que les parties qui naîtront de la derniere division qu'on pourra imaginer, étant encore étendues & séparées, auront nécessairement plusieurs côtés, tous distingués les uns des autres, & conséquemment supposés divisibles ou séparables les uns des autres. Mais s'il s'agit d'une division réelle, d'une division physique, on concevra avec la même facilité que dès qu'on en sera venu à séparer les parties élémentaires d'un mixte, il ne sera plus possible de pousser au-delà la division de la matiere ; parce que les agens nous manqueront, & nous n'aurons plus de moyens d'étendre plus loin cette opération. On en trouve la preuve dans une expérience faite anciennement par M. *Homberg*, & consignée dans les Mémoires de l'Académie. Ce célébre Chimiste tint en digestion, pendant l'espace de trois ans, des esprits acides, & il les trouva au bout de ce tems dans le même état où il les avoit soumis à cette épreuve, l'une des plus efficaces cependant pour attaquer les corps & en séparer les parties. Nous nous bornerons donc à démontrer seulement que la

matiere eſt ſuſceptible d'un nombre prodigieux de diviſions, & nous produirons les moyens propres à conſtater cette importante vérité. Planche IV.

PREMIER APPAREIL.

AB (Pl. IV, fig. 8.), eſt un grand vaiſſeau de criſtal propre à contenir dix à douze livres d'eau; ayez outre cela le poids d'un grain de carmin & un verre ordinaire. Prodigieuſe diviſibilité de la matiere démontrée par les diſſolutions. Fig. 8.

USAGE de cet Appareil.

METTEZ la petite doſe de carmin au fond du verre; verſez par-deſſus quelques gouttes d'eau & délayez le corps colorant avec le bout du doigt; verſez encore quelques gouttes d'eau & continuez à délayer le carmin juſqu'à ce qu'il ſoit parfaitement étendu dans l'eau & que vous ne ſentiez plus de petites molécules ſous le doigt: achevez de remplir le verre, & continuez à étendre le carmin. Jettez alors cette teinture dans le vaſe AB, qui ſera rempli d'eau; ayez encore ſoin de bien remuer toute la maſſe, pour que la teinture s'y diſtribue uniformément, & l'eau deviendra ſenſiblement colorée. Calculez enſuite le poids de cette maſſe d'eau, réduiſez-la en grains; comparez ce dernier

Planche IV. nombre à celui qui exprime le poids du corps colorant, & vous aurez une idée aſſez approchante de la diviſion du carmin; diviſion que vous pourrez doubler en ajoutant une nouvelle maſſe d'eau ſemblable à la précédente, puiſqu'elle ſera encore ſuffiſamment teinte pour qu'on s'en apperçoive.

La diſſolution d'un grain peſant de cochenille dans ſuffiſante quantité d'huile de tartre, le même poids de limaille de cuivre rouge diſſous dans de l'eſprit volatil de ſel ammoniac, vous feront obſerver un ſemblable phénomene ſi vous jettez ces diſſolutions dans des vaſes de même grandeur que le précédent, mais remplis d'eau diſtillée: cette derniere condition eſt indiſpenſable pour éviter les précipitations qui auroient lieu & altéreroient les couleurs qu'on doit obſerver ſi on ſe ſervoit d'eau ordinaire.

SECOND APPAREIL.

Même vérité démontrée par les évaporations.

Fig. 9. A (Pl. IV, fig. 9.) eſt un petit vaiſſeau de métal rempli d'eſprit-de-vin, & dans lequel on met un porte-mêche H, garni de quelques brins de coton imbibés de la même liqueur. CF & ED ſont deux tiges de métal qui s'élevent au-deſſus du vaiſſeau A: elles ſont garnies intérieurement & vers le

haut de lames à reſſort, ſurmontées de deux petites roſettes en forme de coquilles, entre leſquelles on place une éolipile de verre G. Planche IV.

USAGE de cet Appareil.

REMPLISSEZ l'éolipile G, juſqu'aux deux tiers ou environ de ſa capacité, d'une liqueur odorante ; on prend communément pour cela de l'eau chargée de l'eſprit recteur de lavande, & on procede de cette maniere.

La lampe A étant allumée, on fait chauffer modérément au-deſſus de ſa flamme l'éolipile G, dont on plonge enſuite le bec I dans la liqueur qu'on ſe propoſe d'y introduire : il y en entre quelques gouttes ſeulement, & cette petite quantité ſuffit. On fait alors chauffer cette éolipile au point de réduire en vapareurs la liqueur qui s'y eſt introduite, & lorſqu'elle eſt en cet état, on plonge bruſquement le bec de l'éolipile dans la liqueur odorante ; elle y entre bruſquement & on retire l'éolipile lorſqu'elle paroît ſuffiſamment remplie.

Ce procédé eſt fondé ſur l'extrême dilatabilité des vapeurs comparée à celle de l'air. Il eſt en effet démontré, par les expériences de M. *Amontons*, que l'air renfermé dans un vaiſſeau de verre, quelle qu'en ſoit la forme,

Planche IV. ne se dilate que des deux tiers, lorsqu'on fait chauffer ce vaisseau au point de rougir. De là on conçoit qu'en portant la chaleur à ce point, on ne pourroit introduire dans le vaisseau dont on se sert ici qu'une masse de liqueur propre à remplir les deux tiers de sa capacité; & encore le vaisseau ne pourroit-il supporter, sans se casser, le passage brusque du chaud au froid auquel il seroit exposé dans cette expérience. D'où il suit que pour ménager le vaisseau, il faudroit modérer de beaucoup le degré de chaleur, & conséquemment qu'on ne pourroit le remplir de liqueur jusqu'aux deux tiers de sa capacité. On se contente donc de le faire d'abord chauffer modérément pour y introduire quelques gouttes de liqueur, & on profite ensuite de l'extrême dilatabilité des vapeurs, pour le remplir presqu'entiérement de la liqueur qu'on veut y introduire. Il est en effet également démontré qu'une masse de liqueur aqueuse chauffée au point de se réduire en vapeurs, se dilate & prend un tel volume, qu'elle peut, dans cet état, occuper un espace treize à quatorze mille fois plus grand que celui qui lui convient dans celui de liqueur. De là on conçoit qu'on fait un bien plus grand vuide par ce procédé, & qu'on peut remplir

le vaiſſeau preſqu'entiérement. On remet enſuite l'éolipile ſur la lampe; la liqueur s'échauffe, ſa chaleur augmente juſqu'à l'ébullition; elle ſe réduit en vapeurs. Celles-ci ſe répandant dans toute la maſſe d'air qui remplit la ſalle où l'on fait l'expérience, elles parfument cette maſſe au point que l'odeur de la lavande ſe fait ſentir dans tous les endroits de cette ſalle où l'on veut en faire l'épreuve. Planche IV.

Or, en conſidérant l'étendue de la maſſe d'air parfumée, & la comparant à la quantité d'évaporation qui a eu lieu pour cet effet, on juge facilement de la prodigieuſe ténuité des parties odorantes.

Obſervation ſur la maniere de connoître le réſultat de cette Expérience.

Pour faire ce calcul avec l'exactitude dont il eſt ſuſceptible, il faut, avant l'évaporation, s'aſſurer du poids de la caſſolette & de la liqueur dont elle eſt remplie, la repeſer enſuite après l'expérience, pour connoître le déchet occaſionné par l'évaporation; obſerver, autant qu'il eſt poſſible, le rapport des parties odorantes à la quantité de liqueur évaporée qui leur ſervoit de véhicule; meſurer les dimenſions de la ſalle & les réduire en lignes cubiques, afin que multipliées enſuite les unes par les autres, on puiſſe connoître la quantité de lignes cubiques d'air

Planche IV. qui ſe trouvent imprégnées de l'odeur de la lavande.

Nous abandonnons ici nombre d'obſervations, qui pourroient toutes également confirmer la prodigieuſe diviſibilité de la matiere; telles ſont celles qu'on peut faire ſur la ductilité des métaux, conſidérée dans les procédés du Batteur & du Tireur d'or; les obſervations microſcopiques qui offrent une multitude étonnante & variée de phénomenes dignes de l'attention du Phyſicien. Nous les avons décrites dans *le premier volume de nos Elémens de Phyſique.*

ARTICLE CINQUIEME.

Des Appareils concernant la mobilité des corps & leur prétendue force d'inertie.

IL n'eſt aucun corps qu'on ne puiſſe faire paſſer d'un lieu dans un autre, & conſéquemment qui ne ſoit mobile. Nous ne nous occuperons point ici à conſtater cette propriété dans les corps mais bien à examiner quelles ſont les circonſtances qui influent ſur leur mobilité, & qui les rendent plus mobiles les unes que les autres.

On conçoit trop aiſément de quelle ma-

niere la figure, la maſſe, le volume & le plus ou le moins d'aſpérités ſur la ſurface des corps, peuvent apporter quelque changement à leur mobilité, pour inſiſter ſur ces objets, que le Phyſicien doit cependant conſidérer avec attention. Nous ne nous occuperons que du ſeul obſtacle à la mobilité, qui fit naître, vers la fin du ſiecle dernier, une diſpute ſur laquelle les ſentimens ſont encore partagés. Planche IV.

Lorſqu'on conſidére la mobilité d'un corps qui ſe meut dans le vuide, on conçoit que quoique tout obſtacle ſoit éloigné, ce corps eſt cependant d'autant moins mobile de quelque ſens qu'on veuille le mouvoir, qu'il porte plus de maſſe avec lui. La maſſe oppoſeroit-elle donc une réſiſtance réelle au mouvement? Seroit-il donc vrai de dire qu'il exiſteroit dans la nature une véritable *force d'inertie*? C'eſt-à-dire que la matiere feroit éprouver à la puiſſance qui tendroit à la déplacer, une réſiſtance différente de celle qui vient de la peſanteur, dont nous parlerons amplement ailleurs, & qui tend conſtamment à porter les corps ſublunaires vers le centre de notre globe? C'eſt une grande queſtion que le Phyſicien doit mettre dans tout ſon jour.

Planche V.

PREMIER APPAREIL.

Appareil de Newton. Fig. 1.

CCC (Pl. V, fig. 1.) ſont des points fixes auxquels on ſuſpend deux billes de matiere non élaſtique; deux billes de plomb, par exemple, égales en maſſe. On remarque derriere ces billes un arc gradué DE, dont les diviſions ſont égales & diſpoſées de façon que l'origine de chaque diviſion répond de part & d'autre au centre de chacune des billes. Si on ne veut point multiplier les appareils, on peut ſe ſervir pour cette expérience, de celui de *Mariotte*, que nous décrirons plus bas.

USAGE de cet Appareil.

ELEVEZ l'une des deux billes, ſuppoſons la bille B, juſqu'à un degré; ſuppoſons le premier; abandonnez-la à elle-même: elle viendra choquer la bille A, & l'une & l'autre ne remonteront, après le choc, que juſqu'à la premiere graduation en ſens contraire.

C'eſt d'après cette expérience que *Newton* admet une réſiſtance réelle dans la matiere, différente de celle qui naît de la peſanteur; & il prétend que ſans cette réſiſtance les deux billes devroient ſe mouvoir après le choc avec une

une vîteſſe égale à celle de la bille choquante avant le choc. Planche V.

SECOND APPAREIL.

SUR une tablette CF (Pl. V, fig. 2.), s'élevent deux montans de cinq à ſix pieds de hauteur GL & IK, retenus par une traverſe MN, évidée dans le milieu pour recevoir deux billes d'ivoire A & B, qu'on attache & qu'on retient l'une à l'autre avec un peu de cire molle. Appareil de l'Abbé Nollet. Fig. 2.

Le marteau D, de même matiere que les billes, eſt mobile ſur ſa queue *b*, & peut s'élever à une hauteur plus ou moins grande, par une eſpece de reſſort R, auquel eſt attaché un fil *e* H, qui paſſe ſur une poulie Q.

USAGE de cet Appareil.

En retirant le cordon *e* H, on lâche le reſſort, la tête du marteau frappe la bille B; elle ſe détache de la bille A: l'une & l'autre tombent ſur la tablette CF, mais la bille B précede la bille A.

L'Abbé *Nollet* conclud de cette expérience, que la force qu'on a été obligé d'emprunter du marteau pour accélérer la chûte de la bille B, & lui faire dévancer la bille A, eſt une nouvelle preuve de la ré-

Planche V. sistance que la matiere oppose à son mouvement & conséquemment de la force d'inertie reconnue par *Newton* & par plusieurs célébres Physiciens.

En réfléchissant sur ces expériences, il est aisé de démontrer que ni l'une ni l'autre ne prouvent qu'il existe une force réelle dans la matiere, par laquelle cette matiere résiste au mouvement qu'on veut lui imprimer, ou à l'accroissement qu'on veut faire prendre à sa vîtesse lorsqu'on la suppose en mouvement. Elles prouvent seulement que le mouvement est le produit d'une force qu'on imprime à la matiere pour la retirer de l'état de repos dans lequel on la saisit, & que tout effet étant proportionné à sa cause, cette force doit être d'autant plus grande, qu'on se propose d'imprimer plus de mouvement au corps qu'on veut mouvoir.

SECTION TROISIEME.

Des Appareils pour les Expériences du Mouvement.

Idée du mouvement. Le mouvement est un des principaux modes de la matiere, dont le repos n'est que la simple privation, quoiqu'également un mode

du même ſujet. Au défaut d'une définition plus exacte, les Phyſiciens regardent le mouvement comme le tranſport d'un mobile qui paſſe d'un lieu dans un autre, & ils le diſtinguent en trois eſpeces; *uniforme* lorſqu'il fait parcourir au mobile des eſpaces égaux en temps égaux; *non uniforme* lorſque les eſpeces parcourus dans le même tems ſont inégaux; *mixte*, lorſqu'il participe aux deux précédentes eſpeces. Planche V. Ses eſpeces.

Le mouvement uniforme peut être *ſimple* ou *compoſé*: il eſt ſimple lorſque le mobile n'eſt animé que par une ſeule puiſſance ou par pluſieurs qui le ſollicitent vers un même point. Compoſé, lorſque les puiſſances qui le maîtriſent tendent à le porter vers différens points, non cependant diamétralement oppoſés.

On conſidere dans le mouvement ſimple la *viteſſe*, exprimée par l'eſpace parcouru dans un tems donné. La *force* ou la *quantité de mouvement*, qui eſt comme le produit de la maſſe, par la viteſſe & les loix auxquelles le mobile eſt aſtreint dans ſon mouvement. Ce ſont autant de conſidérations particulieres qui méritent toute l'attention du Phyſicien, & que nous avons développées dans le *premier volume de nos Elémens de Phyſique.*

Planche V. On démontre en Phyſique, qu'un corps mis en mouvement par une force donnée, doit perſévérer dans cet état, avec la même vîteſſe & ſuivant la même direction, juſqu'à ce qu'une cauſe étrangere apporte quelque changement à cet état. On démontre pareillement que ſoumis à l'action ſimultanée de pluſieurs puiſſances, un mobile ſe prête en même tems à l'effort de chacune de ces puiſſances. On démontre encore qu'un corps mis en mouvement communique une partie de la force qu'il a reçue à d'autres corps qu'il rencontre ſur ſon paſſage. On démontre qu'il exiſte dans la nature des obſtacles qui s'oppoſent à la perpétuité du mouvement, qui altérent la vîteſſe & même quelquefois la direction du mobile. On démontre, outre cela, que tout corps eſt naturellement ſoumis à l'effort d'une force particuliere qui le ſollicite vers un centre, & qu'abandonné à lui-même, il obéit conſtamment à cette force. On démontre enfin, qu'il en exiſte une autre en certaines circonſtances, qui tend à l'éloigner de ce centre. Nous traiterons donc

Diviſion de cette Section.

1°. des Appareils du mouvement compoſé ;

2.° de ceux dont on fait uſage pour démontrer les loix de la communication du mouvement.

3.° De ceux dont on ſe ſert pour vérifier les

loix du mouvement réfléchi. 4.° Des Appareils qui font connoître les obſtacles à la perpétuité du mouvement. 5.° De ceux qui démontrent les loix du mouvement réfracté. 6.° De ceux qui ſervent à vérifient les effets de la peſanteur. 7.° Enfin des Appareils des forces centrifuges. Planche V.

ARTICLE PREMIER.

Des Appareils du mouvement compoſé.

TOUT mobile étant un être paſſif & également indifférent pour toute modification poſſible, doit néceſſairement ſe prêter à toutes celles qu'on tend à lui imprimer en même tems. Pour cet effet, il doit compoſer ſon mouvement & prendre une direction moyenne entre celles que chacune des puiſſances qui l'animent, tend à lui donner. C'eſt d'après ce principe univerſellement reçu, que ſi deux puiſſances égales & oppoſées à angle droit, agiſſent en même tems contre un mobile, on lui verra décrire la diagonale d'un quarré, dont deux côtés adjacens repréſenteront la direction & l'intenſité de chacune de ces puiſſances.

Planche V.

PREMIER APPAREIL.

Appareil du mouvement composé. Fig. 3.

EF (Pl. V, fig. 3) est un plan vertical élevé sur un soc GH; *ab* & *cd* sont deux fils de métal tendus vers le haut du plan & disposés parallélement à ce plan, de façon que la poulie B puisse se mouvoir librement entre ces deux fils. Pour rendre ce mouvement plus aisé, l'axe de la poulie porte à ses extrémités deux rouleaux dont les gorges roulent sur la longueur de ces fils. La châsse de la poulie B est attachée à un cordon *ef*; celui-ci passe sur la circonférence d'un petit rouleau *o*, mobile sur son axe: un corps M est attaché à l'extrémité *h* d'un autre cordon *gh*; ce cordon passe sur la gorge de la poulie B, & est fixé en *r* au coq qui retient les fils de métal *ab*, *cd*.

USAGE de cet Appareil.

ON conçoit facilement que le mobile M étant suspendu au cordon *gh*, & placé vers le point A, l'un des angles du quarré A B DC, si on vient à tirer le cordon *ef*, on déterminera la poulie B à glisser le long des fils de métal *ab*, *cd*: or, par ce seul mouvement, le mobile M recevra deux impressions égales & opposées à angle droit; puis-

qu'en même tems que le cordon *gh* gliſſera parallélement à l'horizon en ſuivant la poulie B, il ſe racourcira d'une quantité égale à l'eſpace qu'il parcourra, ſelon la direction B D. Ce mobile ſera donc tout à la fois dirigé avec des forces égales, ſelon les directions A C, A B, & on obſervera que pour ſe prêter également à ces deux impulſions, il décrira la diagonale A D du quarré A B D C. Planche V.

Le même effet auroit lieu ſi le mobile étoit mis en mouvement par deux chocs égaux, imprimés ſelon deux directions ſemblables aux deux précédentes.

Second Appareil.

Autre appareil deſtiné au même effet.

Sur les angles d'une eſpece de billard A B C D (Pl. V, fig. 4.), ſont élevées deux conſoles E F & G H, qui ſervent d'appui à deux régulateurs I K, L M, mobiles ſur leurs pivots & portant chacun par en bas un arc diviſé en un certain nombre de parties égales. Au haut de ces régulateurs ſont ſuſpendus deux pendules *a b*, *c d*, égaux en longueur & terminés inférieurement par deux petites maſſes d'ivoire *e*, *f*, de façon que le centre de gravité de chacune étant à une même diſtance des points de ſuſpenſion, leurs vibra- Fig. 4.

Planche V. tions ſe font dans le même tems ou ſont iſochrones.

USAGE de cet Appareil.

PLACEZ une bille d'ivoire O vers l'angle A du billard, & oppoſez les régulateurs à angle droit, mais de maniere que les marteaux *e*, *f* touchent également la bille. Elevez ces deux marteaux à une même hauteur, en leur faiſant parcourir le même arc: que cette hauteur ſoit cependant telle, que le choc du marteau *e* puiſſe ſeulement pouſſer la bille juſqu'à l'angle B du billard. Abandonnez en même tems ces deux marteaux à eux-mêmes, ils frapperont enſemble la bille O, & ils lui imprimeront deux directions oppoſées à angle droit, l'une qui tendra à la porter ſelon la longueur, & l'autre ſelon la largeur du billard. Vous obſerverez alors que la bille ſuivra la diagonale; & comme les forces qui l'animent ſont égales, aulieu de ſe porter en C, elle arrivera vers le point R, extrémité du côté BR, que nous ſuppoſons égal à AB.

Si on réitere l'expérience & que le marteau *f* ſoit élevé plus haut que le marteau *e*, & ſuffiſamment, toutefois, pour qu'il puiſſe pouſſer la bille juſqu'à l'angle D du billard; alors l'action ſimultanée des deux marteaux

lui fera décrire la diagonale AC, & elle parviendra à l'angle C; d'où il suit que non-seulement elle composera son mouvement des deux impressions qui l'animent en même tems, mais encore qu'elle se prête à l'action de ces deux puissances à raison de leur intensité. C'est ce qu'on exprime très-bien lorsqu'on dit que si deux forces inégales agissent en même tems, & à angle droit, contre un mobile, il suivra la diagonale d'un parallélogramme dont les deux côtés adjacens représenteront les directions & l'intensité de ces puissances. Planche V.

On peut, à l'aide de ce même appareil, faire agir les puissances sous différens angles, & on observera des variétés dans la longueur des diagonales que le mobile parcourra. Mais ce sont autant de phénomenes importans qu'on démontre beaucoup mieux par une théorie géométrique, que par l'expérience, qui ne peut donner que des à-peu-près. Il convient encore ici de faire remarquer & de démontrer que dans tous ces cas, la diagonale est parcourue précisément dans le même tems que le mobile employeroit à parcourir un seul des côtés du parallélogramme ou du quarré, si une seule des deux puissances agissoit contre lui.

C'est sur ces principes universellement reçus,

Planche V. qu'eſt fondée toute la théorie de la compoſition & de la décompoſition des forces; théorie importante en Phyſique & qu'on ne peut traiter d'une maniere trop étendue.

Article Second.

Des Appareils néceſſaires pour les expériences de la communication du mouvement.

Lorsqu'un corps en mouvement rencontre ſur ſon paſſage un autre corps, il le choque; & ſi cet obſtacle eſt ſuſceptible d'être déplacé, il le tranſporte avec lui en vertu de la force qu'il lui communique dans le choc. Mais ſi l'obſtacle eſt invincible, la réſiſtance qu'il fait éprouver au mobile, détruit toute la force de ce dernier, & on obſerve nombre de phénomenes que nous développerons plus bas.

Dans le premier cas, le choc peut ſe faire entre des corps *durs*, *mous* ou *élaſtiques*. Les deux premieres eſpeces ſont ſoumiſes aux mêmes loix, quant au tranſport du mobile; il ſuffira donc de conſidérer le choc dans l'une ou dans l'autre de ces deux eſpeces de corps.

Diviſion de cet Article. Nous diviſerons cet Article en deux Para-

graphes. Le premier traitera des Appareils propres à démontrer les effets du choc entre des corps mous; le ſecond entre des corps élaſtiques. Planche V.

PARAGRAPHE PREMIER

Des Appareils propres à déterminer les effets du choc entre des corps mous.

QUOIQUE les corps durs & les corps mous ſoient ſoumis aux mêmes loix, quant au déplacement de l'obſtacle que le mobile rencontre, les impreſſions du choc ſont cependant différentes entre ces deux eſpeces de corps; & c'eſt une obſervation qu'on ne doit point négliger. Elle ſert à faire connoître que la communication du mouvement, qui eſt inſtantanée entre des corps durs, n'eſt que ſucceſſive entre des corps mous.

Pour déterminer par expérience les effets du choc entre des corps de quelque eſpece qu'ils ſoient, il faut un appareil fait avec la plus grande exactitude, & tel que celui que nous allons décrire.

APPAREIL.

SUR un ſoc triangulaire AB (Pl. V, fig. 5.) qui ſe calle & qui ſe met d'aplomb par trois vis qui le traverſent *a*, *b*, s'éleve un montant DE Machine de Mariotte. Fig. 5.

Planche V. de cinq à six pieds de hauteur. On remarque vers le haut une rainure à jour F, dans laquelle glissent deux portans H, I, situés perpendiculairement au plan du montant, & qu'on retient en situation par deux vis de pression adaptées postérieurement sur la queue de ces portans, comme on peut le remarquer
Fig. 6. en A (fig. 6.), où nous avons fait graver une partie du profil de la machine, pour en développer plus commodément les parties.

En *a*, extrémité de l'un de ces portans, on voit un point fixe, auquel on attache un fil qui vient passer par les yeux d'une piece de cuivre *e*B, reployée sur elle-même. Cette piece est percée & tarraudée pour recevoir une vis CD, terminée en forme de crochet, auquel on suspend une bille: cette vis monte & descend dans son écrou & sert à élever ou à abaisser la bille qu'elle porte, afin que son centre se trouve dans la même ligne horizontale que celui de sa voisine, suspendue de la même maniere au second portant de la machine.

Le fil attaché en *a*, après avoir passé par les yeux de la piece de cuivre, revient embrasser la circonférence d'une poulie *d*, & est ramené sur une cheville E posée latéralement sur la hauteur du montant de la machine,

mais à une hauteur convenable pour qu'on puiſſe la ſaiſir aiſément, la faire rouler dans ſon trou pour alonger ou racourcir le fil. Planche V.

A quelque diſtance au-deſſus du ſoc de la machine, on voit une eſpece de chaſſis de bois MN (fig. 5.), dont la planche antérieure eſt creuſée en biſeau pour recevoir deux regles de bois O & P, diviſées chacune en un nombre quelconque de parties égales. Fig. 5.

Au-devant de cette traverſe ſont tendus parallélement entre eux & à un pouce ou environ de diſtance, deux fils de laiton *ab*, *cd* (fig. 7); on fait paſſer dans cet eſpace les tiges de métal auxquelles les billes ſont ſuſpendues. Sur l'un de ces fils gliſſe un petit index de cuivre *e*, qui s'appuie ſur l'autre; il ſert à indiquer le degré auquel les billes ou l'une des billes doit s'élever après le choc. Fig. 7.

USAGE de cet Appareil.

ON conçoit aſſez facilement l'uſage de cet appareil par la ſeule deſcription que nous venons d'en donner; nous nous bornerons donc à indiquer ici les principales expériences auxquelles il eſt deſtiné.

Lorſqu'on veut déterminer les effets du choc entre des corps mous, on ſe ſert com-

Planche V. munément de billes faites de terre-glaise bien détrempée & bien molle. On en fait deux de même poids qu'on traverse avec un fil de métal retenu dans l'intérieur de la bille par un petit morceau de liége attaché à l'extrémité inférieure du fil de métal: l'autre extrémité doit être contournée en forme de crochet, pour suspendre cette bille à la machine. On en fait une troisieme de même matiere, mais d'un poids différent; on la fait ordinairement sous-double en masse, & dans ce cas, on peut considérer la petite comme le tiers d'une masse dont chacune des deux autres représente les deux tiers, & les résultats des expériences en sont bien plus faciles à développer.

Choc entre deux corps mous, égaux en masse, dont l'un est en repos.

Fig. 5. Les deux billes égales en masse étant suspendues aux extrémités des fils de la machine (Pl. V, fig. 5.), & leurs centres étant placés dans le même plan & dans la même ligne, on dispose les deux tablettes O & P de maniere que le zéro de la graduation réponde de part & d'autre au centre de la bille, ou plus commodément au fil de métal qui la traverse. Cela fait, l'une des billes restant en repos, si on éleve l'autre par un arc d'un certain nombre de degrés, & qu'on l'abandonne à elle-même, on remarquera, après le choc,

que les deux billes ſe mouveront dans la direction de la bille choquante, & qu'elles meſureront l'une & l'autre un arc ſous-double de celui que la bille choquante aura parcouru avant le choc. Planche V.

Pour développer la raiſon de ce phénomene, il faut obſerver 1°. qu'une bille ou tout autre corps ſuſpendu à un fil, étant retiré de ſon aplomb & élevé dans un arc à une hauteur donnée, & étant enſuite abandonné à lui-même, retombe par le même arc, & le parcourt en accélérant ſon mouvement; que par cette accélération il acquiert une force ſuffiſante pour remonter en ſens contraire juſqu'à la même hauteur. 2°. Que ſi néanmoins ce corps ne s'éleve pas en ſens contraire à la même hauteur, il ne s'en faut que d'une très-petite quantité, & que ce déchet doit être attribué à la réſiſtance que l'air lui fait éprouver, & au léger frottement qui a lieu à ſes points de ſuſpenſion. 3°. Que ſi ce mobile rencontre ſur ſon chemin un autre corps qui lui faſſe obſtacle, ſoit que ce dernier ſoit en repos, ou qu'il ſe meuve, mais cependant dans le même ſens, le premier ne peut continuer ſa route qu'il ne déplace cet obſtacle. Or ce dernier effet ne peut avoir lieu que le mobile ne commu-

Planche V. nique au corps qui lui fait obſtacle, une portion ſuffiſante de ſa force, pour que l'un & l'autre, après le choc, ſe meuvent avec la même vîteſſe.

Cela poſé, il eſt évident que la force du mobile doit alors ſe partager ſelon le rapport des maſſes, & de-là on explique facilement le phénomene que nous venons d'expoſer. On voit manifeſtement pourquoi, après le choc, les deux billes dont il eſt queſtion dans cette expérience, ne parcourent que la moitié de l'arc que la bille choquante auroit parcourue ſi elle n'eut point trouvé d'obſtacle à ſon mouvement.

Choc entre les mêmes corps & tous les deux en mouvement & dans le même ſens.

Les mêmes principes ayant lieu lorſque les deux corps ſont en mouvement, mais dans le même ſens, on remarque que ſi on éleve l'une de ces billes par un arc de ſix degrés, par exemple, & l'autre par un arc de deux, elles meſureront après le choc un arc de quatre degrés.

Pour faire cette expérience, on a ſoin de placer les deux regles O & P de façon que le milieu de leur graduation réponde au centre de la bille choquée. On doit donc alors conſidérer à quel degré répond celui de la bille choquante, & l'élever à la ſixieme diviſion au-delà. On place alors, comme

on

on a dû le faire dans le cas précédent, & comme il conviendra de le faire dans tous ceux que nous allons expoſer, l'index *e*, (fig. 7.), à la graduation à laquelle on attend les billes, mais un peu en de-çà cependant, pour compenſer la perte que la réſiſtance du milieu & le frottement occaſionnent néceſſairement dans leur mouvement. On met, pour plus grande commodité encore, un petit morceau de papier ſur l'index & de maniere que ce papier l'excède un peu : la tige qui porte la bille venant à frapper le papier, on juge plus aiſément de la hauteur à laquelle cette bille s'eſt élevée. Planche V. Fig. 7.

Choc entre les mêmes corps mus en ſens contraire.

Les deux mêmes billes ſe mouvant en ſens contraire, elles demeurent en repos après le choc, ſi elles ſe meuvent avec des vîteſſes égales, c'eſt-à-dire ſi elles ont été élevées à la même hauteur, puiſque leurs forces ſont alors égales & oppoſées. Mais ſi elles ſe meuvent avec des vîteſſes *inégales*, elles continueront à ſe mouvoir dans la direction de la plus forte, avec une vîteſſe qui ſera égale à la moitié de l'excès de la force de cette derniere.

En raiſonnant d'après les mêmes principes, on peut ſoumettre des billes inégales en maſſe aux mêmes expériences.

Planche V. Cette théorie bien développée, il se présente plusieurs applications importantes que le Physicien ne doit point négliger. Parmi celles-ci, l'action d'un courant d'eau contre les vannes d'une roue mérite particuliérement son attention. On trouvera cette théorie très-bien développée dans le Cours de Physique expérimentale du *D. Desaguilliers*. Elle l'est encore parfaitement bien dans celui de *Muschenbroek*; mais comme il étoit grand partisan des forces vives, il ne faut point s'en rapporter à sa maniere d'estimer les forces dans les corps en mouvement. Consultez à ce sujet le premier volume de nos *Elémens*. Nous y avons donné, à la suite de l'article qui concerne la pesanteur, un appendix sur les forces vives, dans lequel nous avons mis cette question dans tout son jour.

PARAGRAPHE SECOND.

Des Appareils nécessaires pour les expériences du choc entre des corps à ressort.

On entend par ressort dans un corps, une propriété qui fait que les parties de ce corps ayant été déplacées par une cause quelconque, se rétablissent dans leur premier état, dès que cette cause cesse d'exercer son action.

Cette propriété, cette vertu élaſtique ſeroit parfaite, ſi les parties du corps ſe reportoient dans leur premiere ſituation avec une force égale à celle qui les en a fait ſortir ; mais on ne trouve aucun corps dans la Nature qui ſoit parfaitement élaſtique. Ceux auxquels on accorde cette vertu ne l'ont point à ce ſuprême degré. Il faut cependant les conſidérer comme tels lorſqu'il s'agit d'établir les loix générales du choc entre des corps élaſtiques, & il faut auſſi choiſir ceux de ces corps que nous connoiſſons pour approcher davantage de ce degré de perfection, afin que les réſultats des expériences s'éloignent le moins qu'il eſt poſſible de la théorie. On donne en conſéquence la préférence à l'ivoire, & on fait ces ſortes d'expériences avec des billes de cette matiere. Planche V.

Avant d'établir les loix du choc entre ces ſortes de corps, il eſt important d'obſerver qu'un corps à reſſort qui frappe un autre corps, cede à l'impreſſion du choc, & que ſa figure s'altere ſenſiblement dans le choc ; mais que la reſtitution de ſon reſſort reporte les parties déplacées par le choc, dans la même ſituation où elles étoient avant le choc. On ſe ſert pour cela de l'Appareil ſuivant.

Planche VI.

PREMIER APPAREIL.

Appareil pour démontrer l'altération de la figure d'un corps à ressort dans le choc.

AB (Pl. VI, fig. 1.) est un quarreau de marbre noir solidement monté dans une tablette de bois. C, est une petite boule d'ivoire de huit à neuf lignes de diametre, cette bille placée sur la surface du marbre, ne le touche que par un petit point.

Fig. 1.

USAGE de cet Appareil.

SI on fait choquer cette bille contre le marbre en la laissant tomber dessus d'une hauteur un peu considérable, l'un & l'autre cédant à l'impression du choc, la bille s'applatira, le marbre secreusera, & les deux corps se toucheront par une surface plus ou moins étendue; mais faisant abstraction ici de l'excavation du marbre, pour ne considérer que l'applatissement de la bille, voici comment on parviendra à s'en assuret.

Ternissez le marbre en poussant votre haleine sur sa surface, & faites choquer plus ou moins fortement la bille: l'applatissement qu'elle éprouvera alors, formera sur cette surface un segment de sphère qui touchera le marbre & qui enlévera le terne dans toute l'étendue de son contact. On verra donc alors sur la surface du marbre, un petit cercle poli, tel que *a*; & ce cercle indiquera la quantité de l'applatissement.

D'après cette expérience, on conçoit manifeſtement que les corps à reſſort participent à la nature des corps mous, puiſqu'ils cedent à l'impreſſion du choc. La communication du mouvement doit donc ſe faire ſuivant les mêmes loix que nous avons déjà indiquées; mais en ſuppoſant ces corps parfaitement élaſtiques, on conçoit également que la reſtitution de leur reſſort ajoute au corps choqué & fait perdre au corps choquant une force égale à celle qui ſe communique dans le choc; ce qui ſuffit pour développer, comme il convient, les effets du choc entre ces ſortes de corps, qu'on doit conſidérer dans les mêmes circonſtances que nous venons d'indiquer par rapport aux corps mous. On conçoit donc de-là, Planche VI.

1.° Que ſi deux corps, ſuppoſons deux billes d'ivoire égales en maſſe, ſont ſuſpendues à l'appareil indiqué (Pl. V, fig. 5.), & que l'une des deux ſoit en repos, la bille choquante demeurera en repos après le choc, & que la bille choquée ſe mouvera avec toute la viteſſe de la choquante. Choc entre deux billes à reſſort égales en maſſe, & dont l'une eſt en repos. Fig. 5. Pl. V.

2.° Que ſi elles ſont toutes deux en mouvement & dans le même ſens, elles feront échange de leurs viteſſes après le choc. Toutes deux en mouvement dans le même ſens.

Planche VI.

3°. Que ſi elles ſe meuvent en ſens contraire avec des vîteſſes égales, elles retourneront en arriere en meſurant les mêmes arcs par leſquels elles ſe ſeront approchées.

Mues en ſens contraire avec les mêmes vîteſſes.

4°. Que ſi elles ſe meuvent en ſens contraire avec des vîteſſes inégales, elles retourneront en arriere, après avoir fait échange de leurs vîteſſes.

Avec des vîteſſes différentes.

Ayant égard au rapport des maſſes, ſi elles ſont différentes, on pourra leur appliquer aiſément la même théorie.

L'explication du phénomene indiqué (n°. 1) peut ſatisfaire pour réſoudre les ſuivants, pour leſquels il faut ſe procurer l'appareil que voici.

SECOND APPAREIL.

Appareil néceſſaire pour démontrer les effets du choc entre pluſieurs billes, Fig. 2.

AB, CD (Pl. VI, fig. 2.) ſont deux regles de bois, réunies à la diſtance de huit à dix pouces par les traverſes T, T. Sur la longueur de la regle CD, ſont attachés à des diſtances convenables, de petits crochets *a*, *a*, *a*, &c. La regle AB eſt garnie de chevilles *b*, *b*, *b*, &c. diſpoſées parallélement aux crochets *a*, *a*, *a*, auxquels ſont attachés des fils de ſoie qui pendent au-deſſous à la diſtance de quinze à dix-huit pouces, & qui viennent ſe rouler ſur les chevilles *b*, *b*, *b*, de façon que les centres des billes, qui doi-

vent être ſuſpendues à ces fils, ſoient rangés dans la même ligne & dans le même plan. Planche VI.

Cet appareil s'applique au haut du montant D E (Pl. V, fig. 5), & y eſt retenu par deux vis de preſſion G & H, appliquées aux extrémités des tenons E F, qui embraſſent le montant D E. On voit la diſpoſition de cet appareil Pl. VI, fig. 3. Pl. V. fig. 5. Fig. 3.

Usage de cet Appareil.

On ſe ſert communément de ſept billes pour ces ſortes d'expériences. En les ſuppoſant d'abord de même maſſe, on a ſoin de les diſpoſer de maniere qu'elles ſoient contiguës les unes aux autres, ce qui dépend de la diſpoſition des crochets *a*, *a*, *a*, &c. & des chevilles *b*, *b*, *b*, &c. Cela poſé, on remarquera,

1°. Que ſi on éleve une ſeule des billes, celle qui ſe trouve à l'une des extrémités de la file, & qu'on l'abandonne à elle-même, la derniere ſe déplacera après le choc & parcourra, en s'éloignant, un arc ſemblable à celui de la bille choquante : toutes les autres demeureront en repos. Choc entre pluſieurs billes égales en maſſes & contiguës.

2°. Que ſi on répéte la même expérience, élevant deux billes du même côté, & en les entretenant dans leur contiguité, les deux

Planche VI. dernieres se déplaceront après le choc & parcourront conjointement un même arc.

3°. Que si on en éleve trois, les trois dernieres produiront le même effet.

4°. Que si on en éleve quatre, celle du milieu suivra alternativement les trois qui se déplaceront de chaque côté.

Choc entre plusieurs corps contigus inégaux en masse.

On peut encore, à l'aide du même appareil, démontrer les deux fameuses propositions *d'Huyghens ;* l'une, que si un corps vient à la rencontre d'un autre corps dont la masse soit plus grande ou plus petite que la sienne, mais qui soit en repos, le corps choquant lui communiquera plus de vîtesse s'il le chôque par l'interméde d'un troisieme corps en repos dont la masse soit moindre que celle du corps choquant & plus grande que celle du corps choqué.

La seconde, que la vîtesse imprimée par le corps choquant sera autant grande qu'elle puisse être, si la masse qui sert d'interméde & qu'on suppose encore en repos, est moyenne proportionnelle entre celle du corps choquant & celle du corps choqué. On trouvera le développement de ces deux phénomènes dans un excellent Ouvrage de M. *Huyghens*, intitulé ; *de Motu corporum ex percussione.*

Nous ne traiterons point à part du choc des corps contre un obſtacle inſurmontable, parce que nous n'avons point d'appareils particuliers pour en démontrer les effets; deux mots ſuffiront pour les indiquer. Planche VI.

1°. *Si* un corps dur vient heurter un obſtacle inſurmontable, il conſommera toute ſa force contre cet obſtacle & il demeurera en repos après le choc.

2°. Si un corps mou ſe trouve dans le même cas, il conſommera pareillement toute ſa force, mais il s'applatira & il conſervera, après le choc, l'altération qu'il aura éprouvée dans ſa figure.

3°. Si le corps choquant eſt élaſtique, il s'applatira également, il perdra tout ſon mouvement direct; mais la reſtitution de ſon reſſort le reportera en arrière avec une force égale à celle qu'il aura perdue dans le choc. Ce dernier effet, connu ſous le nom de *réflexion*, eſt ſoumis à une loi invariable qu'on démontre par un appareil particulier qui va faire l'objet de l'article ſuivant.

Planche VI.

ARTICLE TROISIEME.

De l'Appareil propre à démontrer la loi générale du mouvement réfléchi.

UNE ſeule & unique loi détermine les effets de la réflexion dans un corps à reſſort, & on démontre que tout corps parfaitement élaſtique qui ſe réfléchit, fait ſon angle de réflexion égal à ſon angle d'incidence. S'il tombe perpendiculairement, il s'en retourne par la même ligne perpendiculaire & forme, en deſcendant & en remontant, deux angles droits avec le plan qu'il choque. La même loi a lieu lorſque le choc ſe fait obliquement, & on ſe ſert de l'appareil ſuivant pour en démontrer la certitude auſſi exactement qu'il eſt poſſible.

APPAREIL.

Appareil du mouvement réfléchi. Fig. 4.

SUR une tablette T (Pl. VI, fig. 4.), qu'on calle & qu'on met de niveau par trois vis *a*, *a*, ſe meut circulairement ſur une charniere une petite caiſſe remplie par un marbre noir & poli A. Cette caiſſe, qui décrit un arc dans ſon mouvement, s'arrête & ſe fixe par une vis de preſſion B ſur tous

les points de l'arc BD d'un plan qui s'éleve verticalement ſur un des côtés de la tablette T. Planche VI.

Sur un des petits côtés de la même tablette, s'éleve un montant MN, au haut duquel on a aſſemblé une potence NG, retenue fixement en ſituation par une conſole *s*. Cette potence eſt percée en C d'un trou ſuffiſamment grand pour laiſſer paſſer librement une bille d'ivoire de ſix à huit lignes de diametre.

Vers le bas du montant MN, on remarque une eſpece de caiſſe R, mobile ſur la hauteur de ce montant, & qu'on fixe à une hauteur convenable par une vis de preſſion P. Cette caiſſe porte une gouttiere G qui regne ſur toute ſa largeur: cette gouttiere eſt d'environ dix lignes de hauteur.

On remarque en V, vers le haut & poſtérieurement au montant, un fil VX, auquel on ſuſpend un petit poids. C'eſt un aplomb qui répond à une ligne verticale tracée ſur la face poſtérieure de ce montant: il ſert à mettre la machine de niveau.

Usage de cet Appareil.

On diſpoſe le marbre A de façon qu'il faſſe un angle connu avec l'horizon. On laiſſe tomber la bille par le trou c: on recule pour

Planche VI. cet effet une petite lame de cuivre *b* qui bouche en deſſous cette ouverture. Elle tombe par une perpendiculaire & elle vient frapper en E le marbre A, ſous l'angle ſous lequel il eſt diſpoſé. Après le choc on la voit ſe réfléchir ſelon la ligne EF, & former, par ſa réflexion, un angle égal à ſon angle d'incidence. Pour s'aſſurer du mouvement de cette bille dans ſa réflexion, & démontrer qu'elle ſuit la ligne EF, on diſpoſe la caiſſe R de façon que le milieu de la gouttiere G ſoit dans la direction de cette ligne, & on voit la bille ſe porter dans cette gouttiere.

Il ne faut cependant pas s'attendre à voir réuſſir conſtamment cette expérience : une bille d'ivoire n'eſt point un corps parfaitement élaſtique, & quoiqu'on ait égard à ce défaut, il eſt nombre de points ſur ſa ſurface où il ſe fait plus ſenſiblement remarquer. Cette bille d'ailleurs éprouve toujours un petit frottement en paſſant par le trou *c*, & ce frottement la déroute plus ou moins de la verticale qu'elle devroit ſuivre rigoureuſement dans ſa route. Ainſi il convient de répéter pluſieurs fois cette expérience, & on doit être ſatisfait ſi ſur trois elle réuſſit une ſeule fois.

Il eſt peu de principes en Phyſique dont

les applications ſoient plus étendues ; & on ne peut trop réfléchir ſur cet objet. Le jeu de paume, celui du billard, &c. ſont fondés l'un & l'autre ſur cette théorie, & un Joueur qui la mettroit bien en pratique, ſeroit ſans contredit redoutable à ſon adverſaire. On peut en voir une démonſtration très-ſimple & très-curieuſe, par rapport au jeu de billard, dans les *Elémens de Géométrie de M. l'Abbé de la Chapelle.* Planche VI.

ARTICLE QUATRIEME.

Des Appareils néceſſaires pour démontrer les obſtacles à la perpétuité du Mouvement.

UNE force imprimée à un mobile doit conſtamment le mouvoir de la même maniere & à perpétuité : c'eſt une ſuite néceſſaire de ſon indifférence à toute modification quelconque : tant que cette force réſide dans ce mobile, elle doit conſtamment produire le même effet. Or, on obſerve que tout corps mis en mouvement par une force donnée, perd plus ou moins ſenſiblement de ſa vîteſſe & parvient en peu de tems au repos d'où on l'a tiré. Il exiſte donc dans la nature des

Planche VI. obſtacles à la perpétuité du mouvement; ces obſtacles ſont les différens milieux dans leſquels les corps ſe meuvent & les frottemens auxquels ils ſont aſſez communément expoſés. Nous allons indiquer les moyens de les apprécier & d'évaluer auſſi exactement qu'il eſt poſſible, les effets qu'ils produiſent.

PARAGRAPHE PREMIER.

Des Appareils pour déterminer la réſiſtance des milieux.

POUR évaluer comme il convient la réſiſtance des milieux, il faut conſidérer leur viſcoſité, leur denſité, la ſurface du mobile & la vîteſſe avec laquelle il ſe meut.

Plus un milieu eſt viſqueux, plus il réſiſte à ſa diviſion, & conſéquemment plus le mobile conſomme de ſa force pour le diviſer. S'il eſt plus denſe, il comprend plus de parties ſous le même volume, & la réſiſtance qu'il oppoſe devient proportionnellement plus grande, ce qu'on peut confirmer par l'appareil ſuivant.

PREMIER APPAREIL.

Planche VI.

Appareil pour démontrer que la réſiſtance croît comme la denſité du milieu.

AB (Pl. VI, fig. 5.) eſt une caiſſe de bois doublée de plomb, ſéparée en deux cavités par un diaphragme CD. Sur les deux côtés de cette caiſſe s'élevent deux ſupports traverſés & réunis par une tige de métal EF, ſur laquelle ſont ſuſpendus deux pendules de même longueur GH, IK, terminés par deux boules de métal. Fig. 5.

USAGE de cet Appareil.

SI on éleve ces deux pendules à une même hauteur, les deux caiſſes étant ſeulement remplies d'air & qu'on les abandonne en même tems à eux-mêmes, la réſiſtance du milieu étant la même pour l'un & pour l'autre, ils feront le même nombre de vibrations iſochrones, en ſuppoſant toutefois qu'ils ſoient également bien ſuſpendus & qu'ils éprouvent le même frottement à leurs points de ſuſpenſion.

Mais ſi on remplit d'eau l'une des cavités de la caiſſe, l'autre cavité reſtant remplie d'air, & qu'on répete la même expérience, comme l'eau eſt environ huit cents fois plus denſe que l'air, celui de ces pendules qui ſe mouvera dans l'air y éprouvera proportion-

Planche VI. nellement moins de réſiſtance & y fera un plus grand nombre de vibrations, avant d'arriver au repos d'où on l'aura tiré.

Veut-on démontrer que la ſurface du mobile doit entrer en conſidération lorſqu'il s'agit d'eſtimer la réſiſtance qui vient de la part du milieu? L'appareil ſuivant eſt deſtiné à cet uſage.

SECOND APPAREIL.

Appareil propre à eſtimer la réſiſtance relative à la ſurface du mobile. Fig. 6.

A & B (Pl. VI, fig. 6.), ſont deux eſpeces de moulinets de même poids & également mobiles ſur leurs pivots, mais diſpoſés de maniere que l'un A préſente, au milieu qu'il diviſe, le tranchant de ſes aîles, & l'autre B, le plan des ſiennes.

Sur l'axe de chacun de ces moulinets ſont fixés deux crochets *a*, *b*, qu'on fait repoſer ſur la tête du reſſort C. On bande ce reſſort en le retirant en arriere & en l'arrêtant ſous une petite griffe *d*, fixée vers le haut de la tige du milieu EF.

USAGE de cet Appareil.

LE reſſort étant tendu & les deux moulinets dans la ſituation que nous venons d'indiquer, ſi on lâche le reſſort, en baiſſant la cheville D qui ſe meut de haut en bas dans une

une couliſſe, le reſſort ſe détendra & frappera également, en ſe détendant, les deux crochets *a*, *b*. Il imprimera donc la même force aux deux mobiles, & les deux moulinets ſe mouveront avec la même vîteſſe initiale. Mais comme ils ſont inégalement ſoumis à la réſiſtance du milieu, le moulinet B, qui préſente la face de ſes aîles, aura perdu tout ſon mouvement, tandis que le moulinet A continuera encore à ſe mouvoir. La réſiſtance du milieu augmente donc à raiſon de la ſurface que le mobile lui préſente. Planche VI.

Comme il ne ſeroit guere poſſible de donner à une machine toute l'exactitude qu'elle doit avoir, pour démontrer de quelle maniere la vîteſſe du mobile influe ſur la réſiſtance que le milieu lui fait éprouver, il faut que le raiſonnement vienne ici à notre ſecours. Or, on démontre facilement que cette réſiſtance, occaſionnée par la vîteſſe avec laquelle le mobile ſe meut, croît comme le quarré de la vîteſſe augmente. On conçoit que ſi un mobile mu avec une vîteſſe donnée éprouve une réſiſtance déterminée de la part du milieu dans lequel il ſe meut, il en éprouvera une quadruple, ſi ſa vîteſſe devient double de ce qu'elle étoit auparavant. S'il ſe meut en effet avec une vîteſſe double, il

Planche VI. parcourra une fois plus de chemin dans le même tems, & par cela seul, il éprouvera une résistance double, à raison du double nombre de parties du milieu qu'il aura à déplacer dans le même tems, chacune d'elles s'opposant également à son déplacement. Mais un corps qui se meut avec une vîtesse double, jouit d'une force double, puisque la force ou la quantité de mouvement d'un corps est comme le produit de sa masse par sa vîtesse. Muni donc d'une force double, il agira doublement sur chacune des parties du milieu, & conséquemment consommera une double quantité de sa force sur chacune d'elles. Il perdra donc encore doublement sa force, à raison de l'énergie de son mouvement. Il perdra donc deux fois doublement de sa force, ou quatre fois davantage, lorsque sa vîtesse sera double; d'où il suit que la résistance du milieu, occasionnée par la vîtesse du mobile, croît comme le quarré de cette vîtesse augmente. C'est encore à la théorie qu'il est réservé de considérer les différences qui peuvent survenir à ces sortes de résistances, à raison des mouvemens différens dont les milieux peuvent être agités, & à raison de quantité de circonstances que l'expérience ne peut indiquer que trop impar-

faitement pour les faire entrer ici en conſi- Planche
dération. Nous en avons donné une idée VII.
ſuffiſante dans le *premier volume de nos Elémens de Phyſique.*

PARAGRAPHE SECOND.

Des Appareils propres à démontrer les effets des frottemens.

ON diſtingue deux eſpeces de frottemens en général. On appelle *frottement de la premiere eſpece* celui qui ſe fait entre deux ſurfaces qui gliſſent l'une ſur l'autre. On nomme *frottement de la ſeconde eſpece* celui qui a lieu lorſqu'un corps roule ſur un autre.

Parmi les différens appareils qu'on a imaginés pour déterminer la grandeur des frottemens & pour en établir la théorie, il en eſt deux ſur-tout qui méritent de trouver place dans le cabinet d'un Phyſicien.

PREMIER APPAREIL.

Appareil du *D. Deſaguilliers.*

SUR une petite tablette AB (Pl. VII, fig. 1.), Fig. 1.
ſont élevés verticalement & retenus fortement avec des vis & des écrous, deux doubles montans Pp, Pp, entre leſquels ſont ſuſpendus, par des pivots aſſez fins, quatre rouleaux 1, 2, 3 & 4. Sur le haut des mon-

Planche VII. tans extérieurs ſont taraudés deux écrous, dans leſquels on fait avancer ou reculer deux vis Q, Q. C eſt un cinquieme rouleau beaucoup plus grand & plus épais que les précédens, dont l'arbre DE ſe termine par deux pivots aſſez longs pour s'engager dans les trous des vis Q, Q, & pour repoſer ſur l'interſection des quatre rouleaux latéraux, lorſqu'on éloigne ſuffiſamment les vis Q & Q.

Le rouleau C eſt mis en mouvement par un reſſort ſpiral qui s'enveloppe ſur lui-même & qui eſt attaché d'une part ſur un canon arrêté par une vis de preſſion ſur un des points de l'arbre DE. L'autre extrémité du même reſſort tient à la potence F. Lorſque ce reſſort ſe développe, après avoir été tendu, il entraîne avec lui le mouvement du rouleau C, qui fait alors des vibrations ſemblables à celles d'un balancier.

V eſt un pilaſtre ſur le haut duquel ſe meut une petite baſcule *b*, laquelle étant engagée ſous l'un des croiſillons du rouleau C, l'empêche de céder à l'impreſſion du reſſort & de retourner ſur lui-même lorſqu'on a tendu ce reſſort, en faiſant tourner le rouleau C ſur ſon arbre & dans un ſens convenable à cet effet.

R eſt un autre pilaſtre ſur le haut duquel

ſe meuvent, par une eſpece de charniere, deux tiges de métal de même poids & de mêmes dimenſions *c d*, *e f*. Ces deux tiges peuvent poſer enſemble ſur l'arbre D E, où on peut, à l'aide de la vis *g* qui traverſe la tige *e f*, empêcher que la premiere *c d* ne poſe ſur cet arbre. Il ſuffit pour cela de faire avancer la vis *g* de maniere qu'elle ſoutienne la tige *c d*. *h* & *i* ſont deux petits poids égaux en maſſe & deſtinés à être ſuſpendus, au beſoin, aux extrémités des deux tiges dont nous venons de parler. Planche VII.

USAGE de cet Appareil.

1°. ON peut démontrer aiſément, avec cet appareil, que le frottement de la premiere eſpece nuit beaucoup plus au mouvement d'un corps que celui de la ſeconde.

Pour cet effet, on diſpoſe d'abord le grand rouleau C, de façon que ſes pivots ſoient engagés dans les trous des vis Q, Q. Dans ce cas, le frottement eſt de la premiere eſpece; puiſque toute la ſurface des pivots frotte dans la circonférence des trous qui les reçoivent. Différence entre le frottement de la premiere eſpece & celui de la ſeconde.

On bande alors le reſſort d'un certain nombre de tours, deux ſuffiſent pour rendre l'expérience bien ſenſible. Mais pour procéder

Planche VII. avec exactitude, on engage la bascule *b*, sous l'un des croisillons du rouleau C; on fait tourner ce dernier sur lui-même & on compte ses révolutions par le passage des croisillons sur la bascule.

Le ressort étant tendu de deux tours, on retire la bascule & on compte le nombre de vibrations que fait le rouleau C avant d'être réduit au repos.

On procede de la même maniere pour la seconde expérience, avec cette différence qu'on recule les vis Q, Q, pour que les pivots de l'arbre DE portent sur l'intersection des quatre rouleaux latéraux. Dans ce cas, le frottement est de la seconde espece; puisque le mouvement de l'arbre entraînant celui des rouleaux latéraux, les pivots frottent successivement sur différens points de leurs circonférences. On compte encore le nombre des vibrations du rouleau C, & on trouve que dans ce second cas, il en fait un bien plus grand nombre.

Différence des frottemens, occasionnée par la différence des surfaces.

2°. Si on veut démontrer de quelle maniere l'étendue des surfaces frottantes influe sur la grandeur des frottemens, on remet les pivots dans les deux vis Q, Q; on bande encore le ressort de deux tours; mais avant de lâcher la détente, on fait tomber les deux tiges de métal

c d & *e f*, sur l'arbre DE, de façon cependant qu'il n'y ait que la seule tige *e f* qui frotte, la tige *c d* étant portée sur la vis *g*. On lâche la bascule *b* & on compte le nombre de vibrations du rouleau C. Planche VII.

On répete la même expérience après avoir retiré la vis *g* & disposé les deux tiges *c d* & *e f*, de maniere qu'elles frottent l'une & l'autre sur l'arbre DE. Dans ce cas, la charge de l'arbre est la même, mais la surface frottante est double. Or, malgré cette différence, on en observe très-peu dans le nombre des vibrations du rouleau C.

Cette expérience contredit tout-à-la fois & l'opinion de ceux qui prétendoient que le frottement augmentoit à raison des surfaces frottantes, & l'opinion de ceux qui assuroient que la différence dans l'étendue de ces surfaces n'en apportoit aucune à la grandeur du frottement. On ne peut néanmoins disconvenir que cette derniere opinion ne soit fondée sur un raisonnement très-spécieux que le Physicien ne doit point ignorer. On le trouvera très-bien développé dans le Cours de Physique expérimentale du *D. Desaguilliers* : il y paroît même confirmé par une expérience très-séduisante. Nous avons donc cru devoir indiquer l'ap-

Planche VII.

pareil dont les partisans de cette opinion font usage.

Second Appareil.

Appareil qui paroît prouver que l'étendue des surfaces frottantes n'influe point sur la grandeur des frottemens.

Fig. 2.

AB (Pl. VII, fig. 2.) est une planche bien dressée de dix-huit pouces de longueur & de huit de largeur. D est une autre petite planche de six pouces de longueur, de quatre pouces de largeur & d'un pouce d'épaisseur, à l'un des petits côtés de laquelle on attache un fil de soie. *a* est une poulie qui roule sur son axe: elle est montée de maniere que la queue *b c*, qui porte sa châsse, puisse s'élever ou s'abaisser à volonté dans une couliſſe *d*, attachée à l'un des petits côtés de la planche AB.

Usage de cet Appareil.

La planche D étant placée sur son épaisseur, vers l'extrémité B de la planche AB, on fait passer le fil qui tient à la petite planche, sur la poulie *a*, qu'on dispose de maniere qu'il soit parallèle à la surface de la planche AB. On suspend alors à l'extrémité de ce fil un petit bassin qu'on charge progressivement de poids, jusqu'à ce que la charge soit suffisante pour entraîner la planche D & la faire mouvoir sur la longueur de la planche AB.

Cette premiere épreuve faite, on reporte la planche D vers l'extrémité B de la planche *AB*, mais on la poſe ſur la plus large de ſes ſurfaces. On deſcend la poulie *a*, pour remettre le fil dans une ſituation parallèle au plan *AB*, & on remarque, dit-on, que le même poids ſuffit pour entraîner la planche, quoiqu'elle frotte par une ſurface bien plus étendue. Planche VII.

Nous obſerverons 1°. que des ſurfaces de cette eſpece ne ſont point propres à faire ces expériences avec l'exactitude qu'on doit y apporter; 2°. que quoique le même poids ſuffiſe pour entraîner la planche dans le ſecond cas, elle ſe meut néanmoins un peu moins vîte que dans le premier, ce qui revient parfaitement à ce que nous avons fait obſerver avec la machine à rouleaux, lorſque nous avons comparé le frottement produit par la différence des ſurfaces. Obſervation ſur cette expérience.

3°. Pour déterminer de quelle maniere la charge des parties frottantes influe ſur la grandeur des frottemens, on reprend la machine à rouleaux (fig. 1.); on la laiſſe dans la ſituation où elle étoit pour l'expérience rapportée (n° 2.). On releve la tige frottante *ef*, pour ne laiſſer frotter que la tige *cd*. On attache à l'extrémité de cette derniere l'un des petits Différence des frottemens occaſionnée par la variété des charges. Fig. 1.

Planche VII. poids *h* ou *i*; on bande le reſſort de deux tours & on compte le nombre de vibrations.

On réitére la même expérience après avoir ramené ſur l'axe la ſeconde tige *e f*, qu'on charge pareillement du ſecond poids. La charge devient alors double ſur l'axe, & on obſerve, le reſſort étant tendu de la même maniere, que le balancier C fait près d'un tiers moins de vibrations que dans le cas précédent; ce qui juſtifie aſſez l'uſage où l'on eſt d'eſtimer le frottement dans les machines au tiers de la charge.

Quoique l'appareil du Docteur *Deſaguilliers* ſoit ſuffiſant pour déterminer les cas les plus généraux des frottemens, & qu'il ne ſoit pas même poſſible de ſe procurer des machines ſur l'exactitude deſquelles on puiſſe abſolument compter, lorſqu'il s'agit d'établir & de confirmer par expérience une théorie bien exacte en ce genre, nous ne pouvons trop recommander l'appareil du célébre *Muſchenbroek*; il eſt nombre de cas particuliers ſur leſquels il peut ſatisfaire davantage la curioſité du Phyſicien.

TROISIEME APPAREIL.

Tribomètre de Muſchenbroek. Fig. 3.

AB (Pl. VII, fig. 3.) eſt un cylindre de bois de quatre pouces de diametre, dont

l'axe D D eſt d'acier très-poli. Cet axe ſe termine ſous deux diametres différens; le diametre C C eſt double ou triple du diametre D D. On peut choiſir tout autre rapport pour les dimenſions de ces deux diametres; il ſuffit ſeulement qu'on connoiſſe ce rapport. Planche VII.

On a ſoin de ſe procurer des couſſinets ſemi-circulaires & bien polis de différens métaux, de pluſieurs bois, & tous appropriés avec les deux diametres de cet arbre.

Chaque paire de couſſinets s'enchâſſe dans deux ſupports de bois F F, de la même maniere qu'on enclave les couſſinets d'un tour en l'air, dans les poupées qui portent l'arbre de ce tour. Ces deux ſupports s'établiſſent ſolidement & à des diſtances convenables, ſur un chaſſis E E, élevé ſur quatre montans de vingt-cinq à vingt-ſix pouces de hauteur.

Les traverſes qui portent ces ſupports ſont creuſées à jour ſur leur épaiſſeur; c'eſt à travers ces rainures que paſſent deux queues à vis adhérentes à chacun des ſupports F F, & on les contient à la diſtance requiſe, par le moyen de quatre écrous qui les attachent aux traverſes.

Sur un des points de la ſurface du cylindre A B, eſt attaché un ruban qui fait un tour ou deux ſur le cylindre & à l'extrémité du-

Planche VII. quel on ſuſpend un baſſin R ; il eſt deſtiné à recevoir les poids néceſſaires pour faire rouler l'axe ſur les couſſins. P & Q ſont des poids qu'on varie de différentes manieres & qu'on ſuſpend aux extrémités d'une corde qui embraſſe ſeulement le cylindre AB.

USAGE de cet Appareil.

LA deſcription que nous venons de donner de cet appareil ſuffit pour en indiquer l'uſage. On juge ici de la grandeur des frottemens par la quantité de poids qu'on eſt obligé de mettre dans le baſſin R pour faire rouler le cylindre, ſoit qu'il ne porte que ſon poids, qu'on doit connoître, ſur les couſſins dans leſquels il roule, ſoit qu'il ſoit chargé de différens poids, ſoit qu'il frotte ſur le plus grand ou ſur le plus petit diamettre des points qui terminent ſon axe, ſoit qu'il frotte dans des couſſins de même ou de différente matiere.

Ceux qui ſeront curieux de connoître toutes les expériences que *Muſchenbroek* a faites ſur cet important objet, & de comparer les réſultats de leurs expériences à ceux de ce célébre Phyſicien, pourront conſulter ſon Cours de Phyſique, derniere édition, *Tome I, page 202.*

Planche VII.

ARTICLE CINQUIEME.

Des Appareils pour les expériences du mouvement réfracté.

ON ſait que l'effort de la peſanteur, dont nous parlerons dans l'article ſuivant, ramene tous les corps vers la ſurface de notre globe, & change conſtamment la direction qu'on leur imprime parallélement ou obliquement à l'horizon. Mais outre cet obſtacle à la direction du mobile, qui n'a lieu que dans les deux circonſtances que nous venons d'indiquer, il en exiſte un autre qui ſe fait remarquer conſtamment lorſqu'un mobile traverſe obliquement des milieux de différente denſité; l'altération qu'il occaſionne dans le mouvement du mobile, ou mieux le changement qu'il apporte à ſa direction, eſt connu ſous le nom de *réfraction*, ou de *mouvement réfracté*, dont voici la loi générale par rapport à tous les corps qui changent obliquement de milieu, à l'exception de la lumiere, dont nous parlerons en particulier.

Loi générale de la réfraction.

Tout corps qui ſe meut obliquement d'un milieu dans un autre, de différente denſité, ſe réfracte en s'éloignant ou en s'approchant

Planche VII. de la perpendiculaire. Il s'en approche lorſqu'il paſſe d'un milieu plus denſe dans un milieu moins denſe, ou mieux, d'un milieu plus attirant dans un milieu moins attirant. Il s'en éloigne au contraire, lorſqu'il paſſe d'un milieu dont la force attractive eſt moindre, dans un autre dont la force attractive eſt ſupérieure.

Quoique cette loi, invariable dans la nature, ſoit plus ſuſceptible d'être démontrée par le calcul que par l'expérience, qui ne répond pas toujours avec la plus grande exactitude à la théorie, nous indiquerons un appareil aſſez ſimple & aſſez commode en même tems, pour la conſtater autant qu'il eſt poſſible.

PREMIER APPAREIL.

Planche VIII. Appareil pour juger de la réfraction dans l'eau. Fig. 1. SUR l'un des rayons d'un quart-de-cercle ABC (Pl. VIII, fig. 1.), on établit & on fixe ſolidement le canon d'un fuſil: il faut avoir ſoin ſur-tout d'établir cette machine aſſez ſolidement pour qu'elle ne puiſſe céder à l'effort de la poudre, qui tend à la faire reculer. On diſpoſe, à trois ou quatre toiſes de diſtance, un grand vaiſſeau, une grande cuve de cinq pieds ou environ de longueur, qu'on remplit d'eau & ſur l'un des côtés de

laquelle on adapte un robinet R, pour l'évacuer à volonté. On recouvre l'ouverture du vaiſſeau avec un chaſſis garni de papier : on éleve ſur le côté ED un ſecond chaſſis F, garni pareillement de papier. Ce dernier doit avoir un pied ou environ de largeur, ſur dix-huit à vingt pouces de hauteur, & il doit être mobile, de façon qu'il puiſſe s'approcher ou s'éloigner du côté G de la cuve. On a ſoin de garantir ce côté de l'impreſſion des balles, en y appliquant une planche très-épaiſſe & bien unie. Planche VIII.

USAGE de cet Appareil.

LE canon étant chargé à l'ordinaire, on met une méche à l'œil de ce canon, & on tourne le quart-de-cercle de façon que l'inſtrument faſſe un angle donné avec l'horizon. On allume la méche ; la poudre s'enflamme & la balle vient frapper la planche qui recouvre le côté *G* de la cuve. Elle fait en chemin deux trous I & K, qui ſont alignés au point A ; mais au lieu d'arriver en L, continuité de la ligne AK, elle arrive un peu plus haut, ſuppoſons en H, & elle s'éloigne de la perpendiculaire PQ, tirée ſur le point où elle rencontre le milieu réfringent.

On s'aſſure de la réfraction qu'elle éprouve,

Planche VIII. en traverſant l'eau & conſéquemment de l'inflexion de la ligne A K, en vidant le réſervoir & en plaçant l'œil au trou I ; on voit aiſément que le point H eſt ſenſiblement plus élevé que le point L, où cette balle eut frappé la planche ſi elle avoit ſuivi la même ligne droite A K.

Il eſt facile de concevoir la raiſon de cette inflexion, de cette altération qu'un mobile éprouve dans la direction de ſon mouvement, lorſqu'il paſſe obliquement d'un milieu moins réſiſtant dans un autre qui lui réſiſte davantage. L'obliquité de ſon mouvement le fait participer à deux directions, dont l'une eſt perpendiculaire au milieu dans lequel il veut entrer, & l'autre parallèle à la ſurface de ce milieu. Or, celui-ci réſiſte davantage à la direction perpendiculaire du mobile : ſa direction paralléle doit donc prévaloir, & conſéquemment la ligne oblique qu'il doit ſuivre alors, doit participer davantage du mouvement paralléle ; ce qui ne peut ſe faire qu'il ne s'éloigne de la perpendiculaire, & par conſéquent qu'il ne s'éleve au-deſſus du point auquel il arriveroit ſi rien n'altéroit le mouvement qu'il avoit dans le premier milieu. On conçoit facilement que le contraire doit arriver s'il paſſe d'un milien plus réſiſtant

dans

dans un autre qui lui réſiſte moins. Dans ce dernier cas il s'approchera, au lieu de s'éloigner de la perpendiculaire. Planche VIII.

Ce fait invariable dans la Nature & universellement reconnu des Phyſiciens, ſembleroit nous porter à croire que le chaſſeur qui tire dans l'eau doit avoir égard à la réfraction que la balle doit éprouver; c'eſt même l'opinion de pluſieurs célebres Phyſiciens, & ils en donnent deux raiſons qui paroiſſent ſatisfaiſantes. L'une, déduite de la loi de la réfraction que nous venons d'expoſer, qui doit porter la balle au-deſſus de la *ligne de mire*; l'autre, fondée ſur la réfraction que la lumiere éprouve en pareilles circonſtances, laquelle ſe faiſant en ſens contraire, comme nous l'obſerverons ailleurs, nous fait voir dans l'eau l'objet au-deſſus de ſa véritable ſituation. Obſervation ſur cette loi générale de la Nature.

Mais quoique ces deux raiſons ſoient très-fondées, & qu'à la rigueur géométrique, tout nous porte à croire qu'il eſt néceſſaire d'avoir égard à la réfraction lorſqu'on tire dans l'eau, pluſieurs habiles chaſſeurs regardent cette précaution comme inutile, & on trouve dans les Mémoires de l'Académie pour l'année 1705, des expérience de M. *Carré* qui autoriſent cette derniere opinion. Ces expériences contrarient à la vérité celles que l'Abbé *Nollet*

Planche VIII. apporte en preuve de l'opinion contraire, dans ſa quatrieme leçon. Comment donc concilier des faits ſi oppoſés entr'eux? Cela viendroit-il de la différence dans la charge de poudre qu'on a employée de part & d'autre, & de la diſtance à laquelle on a placé, dans l'une & dans l'autre épreuve, le canon du fuſil? Seroit-il à préſumer que lorſqu'une ſphère d'un très-petit diamètre ſe meut avec une vîteſſe extrême, & qu'elle n'a à parcourir qu'un très-petit eſpace, elle en eſt d'autant moins ſenſible aux effets de la réfraction? Ce ſont des conjectures que nous abandonnons à la ſagacité de ceux qui voudront s'occuper de cet objet; nous obſerverons ſeulement qu'il eſt naturel de conclure, d'après une oppoſition auſſi marquée dans les réſultats des expériences faites par les deux célebres Phyſiciens que nous venons de citer, que ſi la réfraction a lieu en pareilles circonſtances, elle doit être beaucoup moins ſenſible que l'Abbé *Nollet* ne le prétend, & que ce n'eſt pas ſans raiſon qu'un chaſſeur expérimenté ne tient point compte de cette réfraction, lorſqu'il veut atteindre un objet plongé dans l'eau.

Une autre obſervation, qui mérite mieux de trouver ici ſa place, & qui nous paroît

bien plus importante, c'eſt que la réfraction ſe change quelquefois en réflexion. Ce phénomène a lieu chaque fois qu'on tire trop obliquement à la ſurface de l'eau; on peut s'en aſſurer en diſpoſant le canon de façon qu'il faſſe un angle très-aigu avec la ſurface de l'eau; un angle de quatre à cinq degrés, par exemple. Dans ce cas, aulieu d'entrer dans l'eau & de s'y réfracter, la balle ſe réfléchit au point *n*, & va frapper en S, une planche qu'on établit verticalement ſur l'extrémité oppoſée de la cuve. Planche VIII.

La réfraction ſe change quelquefois en réflexion.

La théorie de ce phénomène donne l'explication des ricochets, & fait en même tems connoître de quel danger ſont menacés ceux qui ſe tiendroient imprudemment de l'autre côté de la riviere, ſur laquelle on tireroit un peu trop obliquement, ou ſous un angle très-aigu.

Si on veut confirmer par expérience que l'obliquité d'incidence eſt une des conditions indiſpenſables pour que la réfraction ait lieu, on peut ſe ſervir de l'appareil ſuivant.

SECOND APPAREIL.

Appareil pour démontrer que la réfraction ne peut avoir lieu ſans l'obliquité d'incidence. Fig. 2.

SUR une tablette CD (Pl. VIII, fig. 2.), qui ſe cale & ſe met de niveau par quatre vis V, V, V, V, qui la traverſent, s'élevent

Planche VIII. deux conſoles A A, B B, réunies vers le haut par une piece de bois E. Celle-ci eſt percée, ſelon ſa hauteur, d'un trou d'un pouce ou environ; ce trou eſt garni d'un entonnoir de métal F, au-deſſous duquel on remarque une petite plaque *a*, qui ſe meut horizontalement pour boucher & déboucher à volonté, l'ouverture inférieure de l'entonnoir. G eſt un vaiſſeau de criſtal de dix pouces ou environ de hauteur, dont le fond eſt couvert de terre molle bien détrempée, juſqu'à la hauteur de deux à trois pouces.

USAGE de cet Appareil.

LA machine étant miſe de niveau & l'axe du vaiſſeau G répondant perpendiculairement à l'ouverture de l'entonnoir F, on met une balle de métal P dans cet entonnoir; on fait gliſſer la platine *a*, pour déboucher l'orifice; la balle tombe perpendiculairement dans le vaiſſeau G & fait une excavation dans la terre glaiſe. On enleve cette balle avec une pince, pour ne point déformer le chaton qu'elle vient de ſe creuſer. On remplit d'eau le vaiſſeau G & on réitére l'expérience. Quoiqu'elle paſſe, dans ce ſecond cas, de l'air dans l'eau, elle n'éprouve aucune réfraction & elle vient ſe loger dans le même chaton, ce qui

prouve qu'un corps qui paſſe perpendiculairement d'un milieu dans un autre, n'éprouve point de réfraction. Planche VIII.

ARTICLE SIXIEME.

Des Appareils néceſſaires pour démontrer les effets de la gravité.

LA gravité, la peſanteur, la force centripete, ſont trois expreſſions ſynonymes; elles déſignent le même phénomène, cette tendance générale qu'on obſerve dans tous les corps vers un centre déterminé. Comme il ne ſera queſtion ici que des corps ſublunaires qui appartiennent à notre globe, nous diviſerons cet article en cinq paragraphes. Nous parlerons dans le premier, des appareils propres à démontrer que tous les corps ſont ſoumis à l'action de la peſanteur; qu'ils ſont tous maîtriſés vers le centre de notre globe. Dans le ſecond, de ceux dont on ſe ſert pour démontrer qu'ils y ſont tous également ſoumis, quoiqu'expoſés à des variations plus ou moins manifeſtes, relativement à la latitude dans laquelle ils ſe trouvent. Nous traiterons dans le troiſieme des appareils néceſſaires pour conſtater les loix du

Diviſion de cet article.

Planche VIII. mouvement accéléré & retardé. Dans le quatrieme, de ceux qui font connoître les effets de la combinaiſon de la peſanteur avec toute autre force. Dans le cinquieme enfin, de ceux qu'on a imaginé pour expliquer la cauſe de la peſanteur.

PARAGRAPHE PREMIER.

Des Appareils propres à démontrer que tous les corps ſont ſoumis à l'action de la peſanteur.

QUOIQU'ON ſoit revenu depuis long-tems des préjugés de l'ancienne Ecole, il eſt encore nombre de corps, tels que la fumée, la flamme, les vapeurs & quantité d'autres, dont la peſanteur ſpécifique eſt moindre que le fluide dans lequel ils nagent, ce qui peut faire naître quelques difficultés ſur l'aſſertion préſente. Il n'eſt donc pas hors de propos de faire obſerver & de confirmer, par expérience, que ces corps ne ſont rien moins que légers, quoiqu'ils paroiſſent fuir naturellement le centre des graves. Nous en excepterons ici le feu & la flamme, dont nous aurons occaſion de parler en particulier.

PREMIER APPAREIL.

Planche VIII.

Appareil propre à démontrer que les vapeurs sont pesantes.

AB (Pl. VIII, fig. 3.) est un fléau de balance bien mobile, attaché à la potence C D. On suspend à l'un des bras de ce fléau, une capsule de cristal F, plus large que profonde, remplie d'eau ou de tout autre fluide évaporable. On peut encore, pour plus grande commodité, poser simplement la capsule dans le bassin même de la balance, & placer dans le bassin opposé, un contre-poids P, suffisant pour établir l'équilibre. Fg. 3.

USAGE de cet Appareil.

ON laisse cet appareil en situation, pendant l'espace de plusieurs heures : pendant ce tems le liquide compris dans la capsule F s'évapore, & on voit le poids P devenir prépondérant à proportion de l'évaporation. Les vapeurs ne sont donc rien moins que légeres, puisqu'étant réunies à la masse qui les fournit, elles augmentoient le poids de cette masse.

Planche VIII.

Second Appareil.

Appareil propre à démontrer la pesanteur de la fumée.

Fig. 4.

Sur la platine P de la machine pneumatique (Pl. VIII, fig. 4.), on établit un support de bois A B, sur lequel on pose un bougeoir C. On met dans ce bougeoir un morceau de bougie & mieux un bout de chandelle dont la mêche soit bien allumée. On recouvre le tout d'un long récipient E F, rétréci par le haut.

Usage de cet Appareil.

Les choses ainsi disposées, on fait agir la pompe: dès le premier coup de piston la lumiere s'affoiblit: si on continue, elle s'allonge, elle abandonne la mêche & elle s'éteint. La fumée qui la suit & qui s'éleveroit jusqu'au haut du récipient, si elle étoit dépourvue de pesanteur, retombe sur la platine & fait voir que ce n'est point à raison de sa légéreté qu'elle s'éleve ordinairement dans l'atmosphère.

Paragraphe Second.

Appareil propre à démontrer que tous les corps sont également maîtrisés par la gravité.

Il ne faut point confondre le poids d'un corps avec sa pesanteur. Le poids d'un corps

exprime la quantité de matiere qu'il contient; ſa peſanteur n'eſt autre choſe que cette tendance qui le porte vers le centre des graves. C'eſt de cette tendance ſeulement, abſtraction faite du poids ou de la maſſe du corps dont il eſt ici queſtion. Ainſi quand on dit, en Phyſique, que tous les corps ſont également peſans, on entend ſeulement qu'ils ont tous la même tendance vers le centre des graves. L'appareil ſuivant le démontre d'une maniere très-ſatisfaiſante. Planche VIII.

APPAREIL.

Appareil pour démontrer que tous les corps ſont également peſans. Fig. 5.

AB (*Pl. VIII*, fig. 5.) eſt un tube de criſtal de trois à quatre pieds de longueur & de deux pouces ou environ de diamètre. Il eſt bouché à ſes deux extrémités avec des viroles de cuivre qui y ſont exactement maſtiquées. La virole inférieure B, eſt percée d'un trou tarraudé, propre à recevoir le robinet C, dont la vis doit être ſuffiſamment groſſe, pour que le trou de la virole permette qu'on introduiſe dans le tube, des corps d'un certain volume. Il faut avoir ſoin d'interpoſer un collier de cuir entre la vis du robinet & l'écrou, & généralement entre toutes les pieces qui ſe montent les unes ſur les autres & dans leſquelles on veut faire le vide.

Planche VIII. J'introduis communément dans le tube un morceau de papier & un morceau de plomb laminé, l'un & l'autre coupé circulairement & de quatre à cinq lignes de diametre. La baſe D du robinet, porte un écrou qui ſe viſſe ſur la tétine de la machine pneumatique.

USAGE de cet Appareil.

SI on renverſe le tube à pluſieurs repriſes, lorſqu'il eſt encore rempli d'air, on obſervera que le morceau de plomb frappera le fond du tube lorſque le papier n'aura encore fait que les deux tiers ou environ de ſa courſe, ce qui dépend de la longueur du tube & de la denſité de l'air qui s'y trouve renfermé; mais ſi on applique ce tube ſur la platine de la machine pneumatiqne & qu'on le vide d'air auſſi exactement qu'il eſt poſſible, on n'obſervera plus de différence ſenſible dans le tems de la chute de ces deux corps; deux phénomènes importans à développer & qui donnent lieu de faire connoître l'erreur de nos Anciens ſur la peſanteur. On trouvera à ce ſujet, des expériences très-curieuſes faites à Londres, ſi on conſulte le *Cours de Phyſique Expérimentale du D. Deſaguilliers.*

Si tous les corps ſont ſoumis à la peſanteur,

s'ils ſont tous également peſans, s'ils ont tous la même activité, la même tendance vers le centre de notre globe, cette tendance néanmoins ſouffre des variations; ſon intenſité n'eſt point la même dans tous les climats de la Terre. Les expériences faites en 1672 à la Cayenne, par M. *Richer*, à 5 degrés de latitude, ne laiſſent aucun doute à cet égard. Il eſt prouvé que le pendule y retarde d'une quantité aſſez notable, & telle qu'on ne peut s'en prendre à l'excès de chaleur qu'on éprouve dans ce climat. Ce fait eſt d'ailleurs vérifié par nombre d'expériences faites depuis, dans différentes latitudes, & il eſt conſtant, qu'abſtraction faite des cauſes accidentelles qui peuvent ſe réunir à la cauſe principale, l'action de la peſanteur conſidérée aux pôles & à l'équateur, ſe trouve, quant à ſon intenſité, dans le rapport de 130 à 129. La cauſe principale de ce ralentiſſement dans l'action de la peſanteur, à proportion qu'on s'éloigne des pôles, & qu'on s'approche de l'équateur, vient ſans doute de l'augmentation de la force centrifuge. Celle-ci doit en effet être plus grande vers l'équateur, puiſque les corps qui appartiennent à cette zone, décrivant un plus grand cercle en vingt-quatre heures, ont ſans contredit plus de vîteſſe que ceux qui circulent

Planche VIII.

Planche VIII. dans tout autre parallèle. Or, la vîteſſe étant un des élémens de la force centrifuge, celle-ci doit augmenter lorſque la vîteſſe augmente: mais la force centrifuge étant directement oppoſée à la force centripete ou à la peſanteur, la premiere de ces deux forces ne peut augmenter, que la derniere ne diminue d'activité. Voilà donc la principale raiſon de ce phénomène, qui ſurprit ſingulierement les Phyſiciens la premiere fois qu'on s'en apperçut. Je dis la principale raiſon, parce qu'il eſt démontré, par des obſervations ultérieures faites par M. *Bouguer*, que la diminution de la peſanteur à l'équateur n'eſt pas proportionnelle à l'augmentation de la force centrifuge. Le ralentiſſement dans l'action de la peſanteur ſuit une plus haute proportion; ce qui prouve que pluſieurs cauſes ſe réuniſſent ici pour opérer cet effet. Or ces cauſes concomitantes ſont d'une part la chaleur du climat qui change néceſſairement les verges des pendules, & augmente, par ce moyen, la durée de leurs vibrations, accident auquel il ſeroit très-facile de parer. D'un autre côté, l'intérieur du globe, dévoré en cet endroit par des volcans, contient pluſieurs cavités énormes qui diminuent d'autant ſa maſſe, & conſéquemment la force attractive qu'il exerce

ſur les corps livrés à eux-mêmes dans cet en- Planche
droit; puiſque la force attractive des corps VIII.
qui agiſſent les uns ſur les autres, eſt en raiſon directe des maſſes. Nous ne connoiſſons juſqu'à préſent que ces trois cauſes, qui influent ſur l'intenſité de l'action de la peſanteur conſidérée dans les corps portés vers l'équateur.

Paragraphe Troisieme.

Appareils propres à démontrer les loix du mouvement accéléré & du mouvemeut retardé.

Tout corps abandonné à lui-même devient alors ſoumis à l'action de la peſanteur, tombe & accélére de mouvement dans ſa chute. Mais un corps qui tombe peut ſe mouvoir perpendiculairement ou obliquement à l'horizon: il eſt donc important d'examiner les loix de la peſanteur dans ces deux circonſtances.

Quoiqu'on regarde la peſanteur comme une loi générale de la Nature, rien n'empêche, pour en développer plus facilement les effets, de la conſidérer comme une force conſtante qui agit uniformément ſur un corps, pendant tout le tems de ſa chute. Ses effets ou ſon action ſur les corps qu'elle maîtriſe,

Planche VIII. doit donc augmenter proportionnellement au tems pendant lequel elle ſe développe. D'où il ſuit qu'un corps qui ſe meut librement en vertu de ſa peſanteur, doit accélérer ſon mouvement, & c'eſt une théorie des plus importantes en Phyſique.

Principes généraux pour démontrer les loix de la peſanteur. On conçoit que ſi la peſanteur agit conſtamment & de la même maniere, pendant chaque inſtant conſécutif de la chute d'un corps, ce corps ſe meut en vertu de la force qu'il a reçue pendant la durée des inſtans précédens, & en vertu de celle qu'il reçoit pendant la durée de l'inſtant actuel pendant lequel il ſe meut encore. Il ſe meut donc en vertu de deux forces, dont l'une, celle qui eſt acquiſe, eſt regardée comme *uniforme*, & celle qu'il acquiert comme *accélératrice*.

Or, on démontre qu'une force uniforme produit un effet double de celui que produit, dans le même tems, une force accélératrice. D'où l'on conclud qu'un corps ſoumis, pendant pluſieurs inſtans, à l'action de la peſanteur, & qui ſe meut librement & perpendiculairement à l'horizon, accélere ſon mouvement ſelon la progreſſion des nombres impairs, 1, 3, 5, 7, 9, &c. D'où il ſuit que la ſomme des eſpaces parcourus après une ſuite donnée d'inſtans, eſt comme le quarré de ces inſtans.

On démontre pareillement, d'après les mêmes principes, qu'un corps lancé de bas en haut avec une force donnée, parcourt des eſpaces qui vont en décroiſſant, ſelon la progreſſion des nombres 9, 7, 5, 3, 1. Planche VIII.

Tout ceci eſt rendu ſenſible dans les expériences que l'on peut faire avec une machine dont M. *G. Atwood*, Membre de la Société royale de Londres, a depuis peu enrichi la Phyſique Expérimentale, & que M. *Magellan*, autre Savant d'un mérite diſtingué, s'eſt empreſſé de faire connoître. Je décrirai ici cette machine telle que je me la ſuis procurée, c'eſt-à-dire avec quelques changemens & additions qui ont paru indiſpenſables; & ſans m'aſtreindre à l'ordre que M. *de la Fond* a établi dans cet ouvrage, j'expoſerai de ſuite quelques-uns des problêmes qu'il eſt poſſible de réſoudre par ſon moyen, tant ſur l'accélération que ſur la retardation produites par la peſanteur dans le mouvement des corps auprès de la ſurface de la terre.

Premier Appareil.

Planche IX. Appareil de M. Atwood, propre à démontrer le mouvement accéléré & le mouvement retardé en ligne verticale.

GH (Pl. IX.) eſt une colonne en bois rougi d'environ 6 pieds de hauteur, 4 pouces & demi de largeur, & 1 pouce 9 lignes d'épaiſſeur. Cette piece eſt faite de deux mor-

Planche IX. ceaux joints à queue d'aronde & aſſujettis par des vis noyées dans l'épaiſſeur du bois, ce qui donne plus de facilité pour la tranſporter; elle eſt établie verticalement ſur une planche MN, très-épaiſſe & chantournée, ſur laquelle repoſent également trois jambes de force IKL, diſpoſées en triangle & jointes à la colonne par des vis en fer. Trois autres vis en bois *o*, *p*, *q* traverſent l'épaiſſeur de la baſe & ſervent à aſſujettir cette baſe, ainſi qu'à mettre la colonne dans une direction perpendiculaire à l'horizon.

Dans le haut de cette colonne eſt une eſpece de chaſſis en bois RST, qu'on y aſſujettit par le moyen d'un écrou de même matiere placé derriere. Il ſert de baſe à un appareil VV, dans lequel il faut remarquer quatre rouleaux en cuivre de même diamètre, & un autre plus grand & d'un poids plus conſidérable. Ces rouleaux ſont établis verticalement & ſe meuvent dans cette direction ſur leurs axes. Les plus petits, pris deux à deux, ſont de droite & de gauche & parallèlement entr'eux, de maniere que la circonférence de l'un paſſe très-près du centre de l'autre, & réciproquement. Quant au grand rouleau Y, les deux pivots de ſon axe ont pour points d'appui ceux d'interſection des

petits

petits rouleaux, & par conſéquent il n'éprouve que très-peu de frottement lorſqu'il ſe meut, les petits rouleaux ſe mouvant alors également ſur leurs pivots. Planche IX.

Ce grand rouleau a une rainure ou gorge dans toute ſa périphérie, ſur laquelle paſſe une ſoie très-fine, mais aſſez forte pour ſoutenir deux cercles de cuivre *A*, *B* ſuſpendus horizontalement à ſes extrémités *a b*, ainſi que les différens poids qu'on emploie dans les expériences. Ces deux cercles, que nous appellerons les baſſins *A* & *B*, ſont égaux en maſſe; il en eſt de même des deux tiges d'acier qui s'élevent du milieu de ces baſſins; ainſi que des crochets attachés aux extrémités du fil de ſoie & engagés dans les trous que préſentent ſupérieurement ces deux tiges; en un mot, la maſſe totale ou la charge que ſupporte le fil eſt de 3 onces; elle eſt de plus diſtribuée également, c'eſt-à-dire que chaque baſſin peſe, en totalité, une once & demie: ainſi le poids de l'un étant contre-balancé par celui de l'autre, & réciproquement, ces deux baſſins ſont en équilibre. Si l'on exprime par 1 *m* le poids d'un quart-d'once, on aura 6 *m* en *A*, & 6 *m* en *B*, & de plus 8 *m* d'inertie dans le rouage, car M. *Atwood* évalue à 2 onces la réſiſtance

Planche IX. causée par la masse des rouleaux & de la grande roue : par conséquent on aura au total 20 *m* ; & en supposant qu'on ajoute 21 *m* & demie au bassin A, & autant au bassin B, la masse totale sera alors 63 *m*, & les deux bassins demeureront encore en repos, l'un ne pesant pas d'avantage que l'autre.

Cela posé, si l'on augmente du poids de 1 *m* la charge du bassin A, ce poids lui fera perdre son équilibre & le fera descendre, & dans le même tems le bassin B s'élevera. La masse mise alors en mouvement, sera évidemment 64 *m*; la force agissante ou accélératrice sera seulement $\frac{1}{64}$ de cette masse totale.

Nota. Il faut avoir un nombre suffisant de poids d'une forme circulaire & percés d'un trou dans le milieu pour pouvoir être enfilés dans les tiges des bassins A & B. Ces poids doivent être égaux à différentes sommes de *m*, & même à des fractions de *m*. Il faut encore que quelques-uns de ces poids soient en forme de barre quadrangulaire & d'une longueur un peu plus grande que le diamètre d'un cercle de métal dont nous allons parler. On voit en Z ces différentes especes de poids.

Le bassin A tombe perpendiculairement

à l'horizon & parallèlement à une regle de bois W, W, ſur laquelle eſt appliquée une lame en cuivre, diviſée en 66 pouces pris ſur le pied anglois, qui eſt plus petit que celui de France. Ces pouces ſont marqués par des nombres, à compter de zéro qui eſt le point d'où le baſſin A doit tomber dans chaque expérience. Cette échelle, faite de deux pieces, comme la colonne, & pour la même raiſon, eſt attachée au pied du bâtis & au ſupport du rouage par des vis en cuivre dont la tête & l'écrou ſont en forme de bouton. On fixe & on arrête ſur cette échelle & à la hauteur qu'on deſire, enſemble ou ſéparément ſuivant le beſoin, deux petits ſupports circulaires C & D, dont l'un eſt plein & l'autre ſuffiſamment ouvert pour laiſſer paſſer le baſſin A. Nous donnerons au premier le nom d'*étage*, pour le diſtinguer du ſecond, que nous appelerons *l'anneau*. Planche IX.

Pour meſurer le tems que le baſſin A, mis en mouvement, emploie à parcourir telle ou telle partie de l'échelle, on ſe ſert d'un pendule P Q, dans lequel la chute perpendiculaire du poids *r* entretient, pendant près d'une heure, un petit mouvement uniforme qu'on donne à la lentille P, en la laiſſant tomber de l'extrémité S de ſon arc, parce

Planche IX. que le cordon auquel pend ce poids, paſſe ſur une poulie fixée ſur le même axe que la roue d'échappement, entre les dents de laquelle s'engagent ſucceſſivement & à chaque oſcillation du pendule les deux extrémités d'une piece d'acier qui eſt jointe avec ſa verge, & qu'on appelle l'*ancre* à cauſe de ſa figure. On hauſſe ou on abaiſſe la lentille P juſqu'à ce que le pendule batte les ſecondes avec préciſion & perſévéramment; alors on voit l'aiguille, qui eſt fixée ſur l'axe de la roue d'échappement, meſurer ces tems ſur la circonférence du cadran qui fait partie de la cage *ghi*, & qui eſt diviſé à cet effet en 60 ſecondes. Ce cadran eſt de plus évidé dans ſon milieu, afin qu'on puiſſe ſaiſir d'un coup-d'œil le jeu de l'échappement, ainſi que le moyen dont on ſe ſert pour faire mouvoir les pieces arquées *mn*, & de ſuite la tige *c* & le volant *dE*, dont l'extrémité tombe ſur le zéro de l'échelle, & s'en éloigne de plus en plus en tems égaux & réglés par les oſcillations du pendule; de ſorte que l'on peut s'en ſervir dans les expériences pour mettre le fond du baſſin A à zéro, & le laiſſer tomber de ce point à un des coups du pendule.

Ce moyen eſt préférable à celui que

M. *Atwood* emploie pour tenir également le fond du baſſin A au zéro de l'échelle, & qui n'eſt autre choſe qu'une double équerre F. Lorſqu'on ſe ſert de cette eſpece de ſupport, il faut attendre, pour le retirer & permettre au baſſin de deſcendre, que le pendule ait battu quelques ſecondes, en battant ſoi-même la meſure en ſecondes. De cette maniere on pourra ſaiſir l'inſtant où le baſſin A commencera à deſcendre & par conſéquent déterminer le nombre de ſecondes qu'il employera à tomber ſur l'étage D, fixé alors ſur l'échelle à la hauteur requiſe. L'expérience ne ſera exacte qu'autant que le choc du baſſin contre l'étage & le battement du pendule pour la derniere ſeconde de la chute, ne feront qu'un, ou coïncideront parfaitement enſemble. Planche IX.

Comme la vîteſſe d'un corps mu par la peſanteur, augmente à chaque inſtant de ſa chute, il faut, pour en connoître la quantité, que l'on puiſſe arrêter dans un tems donné, la force accélératrice, afin de déterminer ſes degrés d'accroiſſement par l'eſpace que ce corps parcourt dans les inſtans ſuivans avec un mouvement uniforme: or la machine de M. *Atwood* préſente cet avantage.

Les baſſins A & B étant en équilibre, &

Planche IX. l'anneau C étant arrêté à la hauteur convenable, l'on prend des poids Z en forme de barres, & on les met au-deſſus de ceux dont le baſſin A eſt déjà chargé. Lorſque ce dernier deſcend, il dépoſe ſur l'anneau la barre qui faiſoit la force agiſſante ou accélératrice de la maſſe totale, & par conſéquent l'eſpace qu'il continue à parcourir par ſon mouvement uniforme, fait voir la quantité de vîteſſe qu'il a acquiſe par ſon mouvement accéléré, juſqu'au moment où la barre a été dépoſée ſur l'anneau. On verra dans la ſuite que le même moyen peut être employé pour faire connoître les décroiſſemens ſucceſſifs qu'un corps éprouve dans ſa route, lorſque la peſanteur eſt contraire à ſon mouvement.

Quoique la force accélératrice qui occaſionne la chute du baſſin A ne ſoit pas préciſément conſtante à cauſe du fil de ſoie qui le joint au baſſin B, & qui n'a pas toujours la même longueur, néanmoins elle ne varie point aſſez pour produire un effet ſenſible. Ce fil de ſoie a environ 72 pouces, & ſon poids eſt d'environ trois grains. Or, ſuivant M. *Atwood*, l'inégalité du mouvement cauſée par l'addition de ce poids, tandis que le baſſin A parcourt 48 pouces, n'excède pas la $\frac{1}{9,0\frac{1}{3}12}$ partie d'une ſeconde; & nos ſens

ne peuvent certainement point diſtinguer une Planche IX.
quantité auſſi petite.

Quand on fait tomber les corps de grandes hauteurs, l'accélération n'a pas lieu dans toute ſon étendue à cauſe de la réſiſtance de l'air qui occaſionne de très-grandes variations; c'eſt ce que l'on peut voir en examinant la Table de la chute des corps graves, inſérée dans les Tranſactions philoſophiques; mais ici les chutes étant peu conſidérables, les différences ne ſont point ſenſibles; car en ſuppoſant que chaque pouce cubique d'air peſât $\frac{1}{7}$ de grain, la réſiſtance que ce fluide oppoſeroit au fond du baſſin A, dans le cas où ſa chute ſeroit d'environ 26 pouces (& c'eſt la plus grande vîteſſe qu'on emploie dans ces expériences), cauſeroit dans cette chute un retard à peu-près égal à celui que produiroit 1 grain $\frac{1}{7}$. Or, une auſſi petite différence eſt bien au-deſſous de la perception de nos ſens.

Il en eſt à peu-près de même du frottement qu'éprouve la poulie ſur laquelle paſſe la ſoie chargée des deux baſſins A & B; comme les deux bouts de l'axe de cette poulie tournent ſur des points mobiles préſentés par l'interſection des quatre rouleaux, la réſiſtance cauſée par un auſſi léger frottement

Planche IX. ne peut pas produire d'effets ſenſibles dans les expériences; il eſt facile de s'en convaincre en chargeant les deux baſſins de maniere que la maſſe totale ſoit 64, ce qui fait 16 onces, également diſtribuées entre A & B. Si l'on ajoute un grain & demi, ou tout au plus 3 grains d'un côté ou de l'autre, l'équilibre ſera rompu, & le baſſin qui les aura de plus, ne manquera pas de deſcendre.

Il y a cependant quelques expériences où cette petite quantité de poids doit être ajoutée pour avoir des réſultats exacts, c'eſt dans celles du mouvement retardé par la peſanteur; mais on ne doit jamais ajouter au baſſin A ou B autant de poids qu'il en exige pour ſe mettre en mouvement de lui-même.

M. *Huyghens* & le grand *Newton* ont démontré, l'un dans ſon Traité *de Motu oſcillatorio*; & l'autre, dans ſes Principes, qu'un corps terreſtre, pendant la premiere ſeconde de ſa chute perpendiculaire, doit parcourir 16 pieds & $\frac{1}{12}$ de pied ou 193 pouces d'Angleterre, ce qui répond à environ 15 pieds de France; ſans avoir égard au retardement cauſé par la réſiſtance de l'air, nous calculeronsnéa nmoins ſur 192 pouces aulieu de 193, afin d'éviter les fractions.

PREMIER PROBLÊME. Planche IX.

SI la quantité $64\,m$ a pour force accélératrice $1\,m$, l'eſpace qu'elle parcourra dans la premiere ſeconde de ſa chute, ſera ſeulement de 3 pouces.

$1\,m$ étant la 64e. partie de la maſſe totale qu'elle eſt ſuppoſée mettre en mouvement, elle doit lui faire parcourir un eſpace 64 fois plus petit que celui qu'elle parcourroit dans le même tems, ſi elle ſe mouvoit avec toute ſa force gravitante. Or, dans ce cas, l'eſpace parcouru pendant la premiere ſeconde ſeroit de 192 pouces, conformément à ce que nous venons de dire ; par conſéquent le quotient de 192, diviſé par 64, qui eſt 3 pouces, ſera la quantité d'eſpace que parcourra, dans le même tems, la maſſe totale, ſi elle n'eſt mue que par $\frac{1}{64}$ de ſon poids.

Pour le démontrer, les baſſins A & B étant $12\,m$, & *l'inertie du rouage* $8\,m$, ajoutez $21\,m$ & demie à chaque baſſin, & $1\,m$ de plus au baſſin A, celui-ci égalera alors $28\,m$ & demie, tandis que le baſſin B ſera $27\,m$ & demie, & ainſi la ſomme totale égalera $64\,m$, y compris $8\,m$ de force d'inertie ; mais dans le même

Planche IX. tems la force accélératrice sera seulement $\frac{1}{64}$ ou 1 *m*, excès de A sur B.

Mettez ensuite l'étage D sur la division de 3 pouces marquée dans l'échelle, & le fond du bassin A au zéro de la même échelle; cette masse, livrée à elle-même après quelques secondes, tombera sur l'étage dans le tems d'une seconde; car le coup qu'elle frappera coïncidera exactement avec le coup suivant du pendule: ainsi toute la masse 64 parcourra 3 pouces dans la premiere seconde de sa chute.

On peut varier dans la maniere de faire cette expérience; en voici un exemple. Ajoutez 23 *m* & demie au bassin A, & 20 *m* & demie au bassin B, vous aurez alors 29 *m* & demie en A, & 26 *m* & demie en B, qui, avec les 8 *m* d'inertie, feront 64 *m*; mais dans ce cas, la force accélératrice en A sera 3 *m*, ou la différence de 26 *m* & demie à 29 *m* & demie; & l'espace que parcourra la masse totale, proportionnel à cette force accélératrice, sera, pour le même tems, trois fois plus grand que dans le premier cas; car si l'on fixe l'étage D à 9 pouces sur l'échelle, le coup du bassin A sur cet étage, coïncidera avec le coup suivant du pendule.

SECOND PROBLÊME.

Planche IX.

Les eſpaces parcourus en tems égaux par un corps dont la force accélératrice eſt conſtante, ſont en raiſon doublée, ou comme les quarrés des tems.

Soient les baſſins A & B chargés comme dans le premier problême, c'eſt-à-dire de maniere que la maſſe totale ſoit 64 *m*, & la force accélératrice 1 *m* en A. Si l'on répete l'expérience en plaçant l'étage D à 12 pouces, & enſuite à 27 pouces, le coup du baſſin A ſur cet étage coïncidera avec la deuxieme ſeconde dans le premier cas, & avec la troiſieme ſeconde dans le dernier cas; ou, ce qui eſt la même choſe, le corps A parcourra quatre fois 3 pouces en 2 ſecondes, & neuf fois 3 pouces en 3 ſecondes, en ne parcourant cependant que 3 pouces dans la premiere ſeconde de ſa chute, ainſi que nous l'avons démontré. Or, 4 eſt le quarré de 2 ſecondes, & 9 le quarré de 3 ſecondes; donc les ſommes des eſpaces parcourus depuis le commencement de la chute d'un corps, croiſſent comme les quarrés des tems.

Si l'on met 38 *m* 1 quart en A, & 37 *m* 3 quarts en B, la maſſe totale ſera 96 *m*, en y comprenant le poids des baſſins

Planche IX. 12 *m* & la force d'inertie 8 *m*; mais la force accélératrice qui agira ſur A ſera $\frac{1}{2}$ *m*, les eſpaces ſucceſſivement parcourus ſeront encore ici comme les quarrés des tems, ainſi qu'on peut le voir dans la Table ſuivante.

Quantité relative de la force accélératrice	Masse totale du corps en mouvement.	Force accélératrice.	Tems des chutes en ſecondes.	Espaces parcourus à chaque ſeconde.
			1	1
			2	4
			3	9
$\frac{1}{2}m.$	96 *m.*	$\frac{1}{192}$	4	16
			5	25
			6	36
			7	49
			8	64

Troisieme Problême.

La même maſſe 64 *m* étant mue par une force 1 *m*, 2 *m* & 3 *m*, pendant la même quantité de tems, par exemple 2 ſecondes; les eſpaces parcourus ſeront dans la proportion des forces accélératrices, c'eſt-à-dire 12, 24 & 36 pouces, ſi les tems ſont égaux.

Si vous chargez les baſſins A & B, comme dans le premier problême, & que vous fixiez l'étage D à 12 pouces, le baſſin A frappera cet étage au bout de la deuxieme ſeconde de ſa chute. Planche IX.

L'étage étant à 24 pouces, ôtez $\frac{1}{2}$ *m* du baſſin *B*, & ajoutez-la au baſſin A, ce dernier arrivera également en deux ſecondes ſur l'étage, parce que la force accélératrice égale à $\frac{1}{64}$ de la maſſe totale dans le premier cas, ſera, dans celui-ci, égale à $\frac{2}{64}$ ou 2 *m*.

Enfin, ſi l'on retranche encore $\frac{1}{2}$ *m* du baſſin B, & que l'on en charge le baſſin A, le coup de ce baſſin ſur l'étage D, placé alors à 36 pouces, coïncidera de même avec la deuxieme ſeconde du pendule, parce que, dans ce dernier cas, la force accélératrice ſera trois fois plus grande que dans le premier; c'eſt-à-dire égale à $\frac{3}{64}$ ou 3 *m*.

Il eſt donc évident que ſi les tems des chutes ſont égaux, les eſpaces parcourus ſont comme les forces accélératrices, ou comme les quantités des forces mouvantes, lorſqu'on a la même ſomme de maſſes.

QUATRIEME PROBLÊME.

Si les eſpaces ſont égaux & les forces différentes, par exemple, comme 1 à 4, les

Planche IX. tems ſeront alors en raiſon ſous-doublée des forces, c'eſt-à-dire comme 1 à 2 dans le cas que nous ſuppoſons.

Mettez 22 *m* $\frac{1}{4}$ en A, & 21 *m* $\frac{3}{4}$ en B; la maſſe totale ſera 64 *m*, en y comprenant le poids des baſſins 12 *m*, & la réſiſtance du rouage 8 *m*; mais la force accélératrice ſera ſeulement $\frac{1}{2}$ *m* en A, c'eſt-à-dire $\frac{1}{128}$ de la maſſe ſoumiſe à ſon action. Fixez enſuite l'étage D à 54 pouces, le baſſin A frappera avec la ſixieme ſeconde de ſa chute, parce que, ſuivant le deuxieme problême, nous avons 192 à multiplier par 36, quarré de 6 ſecondes, & à diviſer enſuite par 128, ce qui donnera 54 au quotient.

Si l'on ôte les $\frac{3}{4}$ *m* du baſſin B, & qu'on les ajoute au baſſin A, en laiſſant d'ailleurs l'étage à 54 pouces, le baſſin A n'emploîra que 3 ſecondes à parcourir cet eſpace, parce que dans ce cas la force accélératrice ſera 2 *m* ou $\frac{1}{32}$ de la maſſe totale; & ſelon le deuxieme problême, il faut ici multiplier 192 par 9, quarré de 3 ſecondes, & diviſer enſuite le produit 1728 par 32, ce qui donne également au quotient 54 pouces; ainſi l'eſpace parcouru dans le dernier cas, eſt le même que dans le premier, où la force accélératrice étoit $\frac{1}{2}$ *m*, & par conſéquent

quatre fois plus foible que 2 *m*, qui eſt celle employée en dernier lieu; ainſi ces forces accélératrices ſont comme 1 à 4; mais les tems des chutes ſont comme 6 à 3, ou comme 2 à 1, en prenant le tiers des ſommes, & conſéquemment en raiſon ſous-doublée des forces agiſſantes ou accélératrices. Planche IX.

Cinquieme Problême.

La vîteſſe acquiſe par un corps uniformément accéléré, eſt comme le double de l'eſpace qu'il a parcouru dans les premiers inſtans de ſa chute, c'eſt-à-dire que ſi au bout d'un tems donné le mouvement de ce corps devient uniforme, la vîteſſe qu'il aura acquiſe lui fera parcourir un eſpace double.

Par exemple, ſi un corps parcourt 3 pouces dans la premiere ſeconde avec un mouvement accéléré, il parcourra 6 pouces dans la deuxieme ſeconde, quoiqu'avec un mouvement uniforme. Si ce même corps a parcouru 12 pouces en 2 ſecondes étant accéléré dans ſa chute, il parcourra 24 pouces avec un mouvement uniforme pendant le même tems de 2 ſecondes, &c.

Chargez les baſſins A & B de chacun 21 *m* & demie, comme dans le premier problême, ce qui fera, avec le poids de ces

Planche IX. baſſins 12 *m*, & la force d'inertie 8 *m*, une ſomme de 63 *m* diſtribuée également, & par conſéquent en équilibre avec elle-même. Ajoutez à la charge du baſſin A une barre dont le poids ſoit 1 *m*, vous aurez alors 64 *m*, mais ſeulement 1 *m* de force accélératrice. Attachez l'anneau C ſur l'échelle en ſorte que le fond du baſſin A ſoit exactement à 12 pouces lorſque la barre 1 *m* touchera cet anneau, & enfin fixez l'étage D à 36 pouces.

Dans cette diſpoſition, A, en deſcendant avec ſon mouvement accéléré, dépoſera la barre 1 *m* ſur l'anneau, au bout de 2 ſecondes. Il continuera à deſcendre avec un mouvement uniforme, égal à la vîteſſe acquiſe ſucceſſivement pendant les 2 premieres ſecondes de ſa chute, & enfin il frappera ſur l'étage à la quatrieme ſeconde, c'eſt-à-dire que le baſſin A parcourra, dans les deux dernieres ſecondes, 24 pouces, ce qui eſt le double de l'eſpace parcouru dans les deux premieres avec un mouvement accéléré.

Sixieme Problême.

Les vîteſſes acquiſes d'un mouvement uniformément accéléré, ſont entre elles, comme les tems employés à les acquérir, c'eſt-à-dire,

ſi

si un corps tombe librement pendant 1, 2, 3, 4, Planche
& un plus grand nombre de secondes, les IX.
vitesses qu'il aura acquises dans chaque seconde, seront dans la même raison.

Soient les bassins A & B, chargés chacun de 21 *m* & demie, comme dans le premier problême, ou le précédent, mettez la barre 1 *m* sur le bassin A, l'anneau C à 3 pouces, & l'étage D à 9 pouces. Si vous opérez comme précédemment, la barre 1 *m* sera déposée sur l'anneau au bout de la premiere seconde, & le bassin A frappera sur l'étage à la deuxieme seconde.

Soit l'anneau à 12 pouces, & l'étage à 24 pouces; dans ce cas la barre 1 *m* frappera sur le premier avec la deuxieme seconde, & le bassin sur l'étage au bout de la troisieme seconde. Enfin, si l'anneau est à 27 pouces, & l'étage à 45 pouces, la barre 1 *m* frappera l'anneau à la troisieme seconde, & le bassin qui l'aura déposée arrivera sur l'étage à la quatrieme seconde; donc la force acquise dans la premiere seconde est 9 moins 3, & par conséquent 6 multiplié par 1. Au bout de la deuxieme seconde, 24 moins 12, ou 6 multiplié par 2; & à la troisieme seconde, 45 moins 27, ou 18, produit de 6 multiplié par 3.

Planche IX.

SEPTIEME PROBLÈME.

Les vîteſſes, ou les eſpaces parcourus qui les meſurent, ſont en raiſon directe des forces accélératrices, lorſque celles-ci ſont pour la même maſſe & en des tems égaux, 1, 2, 3, &c.

Soient les baſſins A & B comme dans le premier problême, la vîteſſe acquiſe ſera 6 pouces dans une ſeconde, ainſi qu'on vient de le voir.

L'anneau C étant à 6 pouces, & l'étage D à 18 pouces, mettez deux barres 1 *m*, ou une ſeule 2 *m* ſur le baſſin A; dans ce cas, 2 *m* ſeront dépoſées ſur l'anneau à la premiere ſeconde, & le baſſin A rencontrera l'étage à la deuxieme ſeconde de ſa chute. Si l'on arrête l'anneau à 9 pouces & l'étage à 27 pouc. la barre 2 *m* étant avec la barre 1 *m* ſur le baſſin A, ces deux barres frapperont ſur le cercle à la premiere ſeconde, & le baſſin qui les aura dépoſées, frappera ſur l'étage au bout de la deuxieme ſeconde.

Ainſi la vîteſſe, dans le premier cas, étoit 6 ou 1 multiplié par 6; dans le ſecond cas, elle étoit 12, ce qui répond à 2 multiplié par 6; & enfin dans le troiſieme cas, elle étoit égale à 18, ou à 3 multiplié par 6; la vîteſſe

acquise étoit donc, dans tous les cas, comme les forces accélératrices. Planche IX.

Huitieme Problème.

Si les forces agissantes ou accélératrices sont comme 3 à 4, & les tems des chutes comme 1 à 2, alors les vitesses acquises seront comme 3 à 8, ou, ce qui est la même chose en raison composée des forces accélératrices & des tems pendant lesquels elles auront agi.

L'on a vu précédemment que si la force accélératrice étoit $\frac{1}{24}$ du corps mu, la vitesse acquise par ce corps étoit de 6 pouces dans une seconde.

Mettez $13\frac{1}{2}$ *m* sur le bassin A, & autant sur le bassin B; puis au-dessus de A, la barre 1 *m*, la masse totale sera 48 *m*, & la force accélératrice 1 *m* ou $\frac{1}{48}$ de la masse. Si l'on place l'anneau C à 16 pouces, & l'étage D à 32 pouces; dans ce cas, le bassin A déposera la barre 1 *m* sur l'anneau à la deuxieme seconde de sa chute accélérée; & ce même bassin A prenant dès-lors un mouvement uniforme, frappera sur l'étage à la troisieme seconde; car $\frac{1}{48}$ doit mesurer 4 pouces dans la premiere seconde, suivant le premier problème; puisque 192, divisé par 48, égalent

Planche IX. 4 pouces; & dans la deuxieme seconde, il doit parcourir 16 pouces, puisque, selon le deuxieme problême, il faut ici multiplier le quarré de 2 secondes, qui est 4 par 192, & diviser le produit 768 par 48, ce qui donne 16; ainsi le bassin A frappera sur l'étage à la troisieme seconde, en parcourant 16 pouces dans cette derniere seconde avec un mouvement uniforme; parce que, suivant le cinquieme problême, il doit acquérir une vîtesse égale à 2 multiplié par 16, ou de 32 pouces en deux secondes.

Donc les vîtesses acquises sont comme 6 à 16, ou 3 à 8, tandis que les forces accélératrices $\frac{1}{64}$ & $\frac{1}{48}$ sont comme 48 à 64, ou, en prenant le 16e. de ces deux sommes, comme 3 à 4, & les tems comme 1 à 2.

NEUVIEME PROBLÈME.

Si une masse gravitante, telle que 64 *m*, est accélérée dans sa chute par des forces qui sont comme 1 à 4, tandis qu'elle parcourt le même espace, tel que 12 pouces, les vîtesses acquises seront en raison sous-doublée des forces, c'est-à-dire comme 1 à 2 dans le cas supposé.

Mettez 20 *m* dans le bassin A, & une

pareille ſomme de *m* dans le baſſin B; ajoutez encore au premier 2 barres qui, priſes enſemble, égalent 4 *m*; & enfin placez l'anneau C à 12 pouces, & l'étage à 36 pouces: dans ce cas vous aurez 64 *m* de maſſe, & 4 *m* de force accélératrice; celles-ci ſeront dépoſées ſur l'anneau à la premiere ſeconde de la chute, & le baſſin A frappera ſur l'étage à la deuxieme ſeconde. Planche IX.

L'on a vu par le cinquieme problême, que les vîteſſes acquiſes étoient à raiſon de 12 pouces par ſeconde, lorſque la force agiſſante ou accélératrice étoit 1 *m*; mais dans le cas dont il s'agit ici, la vîteſſe acquiſe eſt de 24 pouces par ſeconde, c'eſt-à-dire que dans ces deux cas les vîteſſes ſont comme 1 à 2, tandis que les forces ſont comme 1 à 4; donc les vîteſſes acquiſes ſont en raiſon ſous-doublée des forces lorſque les eſpaces ſont égaux.

Dixieme Problème.

Si deux corps 64 *m* & 48 *m* parcourent le même eſpace, par exemple, 12 pouces avec la même vîteſſe, alors les forces accélératrices ſont dans la proportion des maſſes gravitantes, c'eſt-à-dire dans la ſuppoſition préſente, comme 4 à 3.

Planche IX. La Table suivante indique les différentes expériences que l'on peut faire avec la machine de M. *Atwood*, pour démontrer ce problême.

Quantités relatives des forces accélératrices.	Masses.	Forces accélératrices	Espaces parcourus en pouces.	Vitesses exprimées par des pouc. parcourus en une seconde.
1 *m*.	64	$\frac{1}{32}$	12	12
$1\frac{1}{2}$ *m*.	96	$\frac{1}{64}$	12	12
$\frac{3}{4}$ *m*.	48	$\frac{1}{64}$	12	12

N. B. Il est aisé de voir par les deux problêmes précédens, que les forces accélératrices qui font parcourir aux corps les mêmes espaces, sont en raison composée de leurs masses respectives & des quarrés de leurs vîtesses.

Onzieme Problême.

Si un poids 64 *m* parcourt des espaces différens, tels que 3 & 27 pouces en vertu de la même force accélératrice 1 *m*, alors les vîtesses acquises sont en raison sous-doublée des espaces parcourus, c'est-à-dire, comme 1 à 3 dans le cas proposé.

L'on a vu, par le sixieme problême, que la masse étant 64 *m*, & la force accélératrice 1 *m*, la

vîteſſe acquiſe eſt de 6 pouc. dans une ſeconde, Planche IX.
& de 18 pouces en trois ſecondes. Les eſpaces parcourus tandis que le corps acquiert ces vîteſſes, ſont comme 1 à 3, rapport de 6 à 18. Ainſi, lorſque les forces accélératrices ſont les mêmes, les vîteſſes acquiſes ſont en raiſon ſous-doublée des eſpaces.

L'on a encore vu, par le neuvieme problême, que ſi les eſpaces ſont les mêmes, les vîteſſes acquiſes ſont en raiſon ſous-doublée des forces; donc ſi les eſpaces & les forces accélératrices ſont différens, les vîteſſes acquiſes doivent être en raiſon ſous-doublée des forces accélératrices, & des eſpaces parcourus.

La même cauſe qui produit la chute accélérée des corps près de la ſurface de notre globe, retarde leur mouvement, lorſqu'il a lieu du bas en haut, & les eſpaces qu'ils parcourent dans cette direction, décroiſſent en tems égaux, ſelon la progreſſion des nombres 9, 7, 5, 3, 1; par la même raiſon que ceux qu'ils meſurent en deſcendant s'accroiſſent ſelon la progreſſion des nombres impairs 1, 3, 5, 7, 9, &c. cela eſt trop évident pour que nous nous y arrêtions, il ſuffit ſeulement d'obſerver que cette différence a lieu dans tous les cas où nous avons conſidéré le mouvement accéléré des corps, & dans leſquels

Planche IX. on peut également examiner l'effet contraire de la pesanteur, ou le mouvement retardé; car la machine de M. *Atwood* se prête également bien à ce genre d'expériences. On en aura un exemple dans ce qui suit.

Soit B 21 $\frac{1}{2}$ *m*, & A 20 $\frac{1}{2}$ *m*, indépendamment du poids de ces bassins & de la résistance du rouage, lesquels, pris ensemble, égalent 20 *m*, ainsi que nous l'avons observé. Dans ce cas B aura 1 *m* de plus que A; mais si l'on ajoute à ce dernier une barre 2 *m*, la masse totale sera 64. Le bassin A l'emportera à son tour sur le bassin B de la quantité 1 *m*, celle-ci sera la force accélératrice, & fera parcourir au bassin A 12 pouces dans les deux premieres secondes, comme nous l'avons vu par le deuxieme problême; c'est-à-dire que si l'on fixe l'anneau C à 12 pouces sur l'échelle, la barre 2 *m* y sera déposée à la deuxieme seconde de la chute du bassin A; alors ce dernier devient plus léger que le bassin B de la quantité 1 *m*, se mouvera avec une vîtesse uniformément retardée par la force accélératrice de B, qui lui fera perdre une partie de celle qu'il aura acquise dans les deux premieres secondes de son mouvement; car la somme des poids étant réduite à 62 *m*, par la soustraction de la barre 2 *m*, & la force

accélératrice ſe trouvant être 1 *m* pour le baſſin B, l'eſpace que parcourroit celui-ci dans la premiere ſeconde, ſeroit, ſuivant le premier problême, égal au quotient de 192 diviſé par 62, c'eſt-à-dire 3 pouces $\frac{3}{31}$, & par conſéquent il meſureroit, ſelon le ſecond problême, un eſpace de 12 $\frac{12}{31}$ pouces en deux ſecondes. Mais le baſſin B ne tendra à ſe mouvoir avec cette vîteſſe qu'au moment où le baſſin A aura acquis ſuffiſamment de force pour parcourir 24 pouces en deux ſecondes, comme on peut le voir par le cinquieme problême; il détruira donc en lui autant de cette vîteſſe acquiſe qu'il oppoſera lui-même de réſiſtance, ou, ce qui eſt la même choſe, il réduira ſa vîteſſe pour le tems de deux ſecondes à 11 pouces & $\frac{19}{31}$, ou environ $\frac{6}{10}$ de pouce qui égalent 24 moins 12 $\frac{12}{31}$ pouces; ainſi, l'anneau C étant à 12 pouces, & l'étage D à 23 $\frac{6}{10}$ de pouce, moins la quantité d'eſpace qu'occupera le baſſin A au moment où il abandonnera ſa force accélératrice; & de plus, ce baſſin étant chargé du poids qui convient pour vaincre le frottement des rouleaux, & que nous avons évalué à 3 grains, dans ce cas, le baſſin A employera deux ſecondes à tomber du zéro juſqu'à l'anneau; il y dépoſera la barre 2 *m*, & perdra ſa force

Planche IX.

Planche IX. accélératrice 1 *m*, puis se mouvant avec une vîtesse uniforme, mais retardée par la force accélératrice de B, il lui faudra deux secondes pour arriver jusqu'à l'étage qu'il frappera foiblement, après quoi il remontera par la force accélératrice de B. Le bassin A n'aura donc parcouru, après le dépôt de sa force accélératrice, qu'un espace de 11 pouces $\frac{12}{31}$ par un mouvement retardé en deux secondes, au lieu de 24 pouces qu'il auroit parcouru dans le même tems, avec toute la force acquise dans les deux premieres secondes de sa chute.

On peut considérer le mouvement d'un corps qui se meut obliquement à l'horizon, comme celui d'un corps qui se meut sur un plan incliné. Or, il est facile de démontrer & de confirmer, par expérience, qu'un corps qui se meut librement sur un plan incliné, est soumis aux mêmes loix, quant à sa chute, qu'un corps qui se meut librement & perpendiculairement à l'horizon.

Planche IX, *bis*.

Autre Appareil propre à démontrer l'accélération des graves.

Second Appareil.

Fig. 1. AB & CD (Pl. IX, *bis*. fig. 1.), sont deux cordes de métal ou de boyaux tendues obliquement & formant un angle de vingt-deux degrés ou environ. Ces cordes, éloignées l'une

de l'autre à la distance de trois à quatre pouces, doivent avoir dix à douze pieds de longueur, pour que l'expérience soit suffisamment sensible. G est un poids qui glisse librement à l'aide d'une poulie qui embrasse la corde A B. Ce poids doit être monté de maniere que son centre de gravité se trouve sensiblement au-dessous de la corde, afin que la pointe qu'on remarque à sa partie supérieure, conserve la même situation. Planche IX, fig.

H est un pendule qui se meut librement sur ses points de suspension A a, & dont la verge excede un peu vers f. La longueur de ce pendule doit être telle, qu'il fasse exactement une vibration, tandis que le mobile G parcourt la neuvieme partie de la corde A B.

On place sur la longueur de la corde C D, un petit timbre K, mobile, & on le fixe où l'on veut par une vis de pression. Ce timbre doit être frappé par un marteau que le poids G fait mouvoir en passant.

Le pendule H fait également sonner un second timbre I, dont le son est différent de celui du timbre K, & cet appareil doit être monté de façon que la queue *f* du pendule venant à se mouvoir, lâche une fois qui retient le poids G, d'où il suit que ce poids part au premier son du timbre I, & qu'il arrive

Planche IX, *bis.* à la fin de la premiere division, où il fait sonner le timbre K au moment où le pendule fait sonner le timbre I pour la seconde fois.

USAGE de cet Appareil.

LA corde A B étant divisée en neuf parties égales, on dispose le poids G à l'origine de la premiere division, & on fixe le timbre K de maniere qu'il réponde sur la corde parallèle, à l'extrémité de cette même division. On fait partir le pendule & on examine avec attention si sa longueur est telle qu'il convient pour que le second coup de timbre I coïncide avec le premier du timbre K; ce qui démontre que le poids G a parcouru son premier espace pendant la durée de la premiere vibration du pendule. Si cet effet n'est pas bien exact, on remonte ou on descend la lentille H, jusqu'à ce que la longueur du pendule soit arrivée à sa juste mesure. On remonte la lentille pour faire accélérer le pendule, & on la descend pour le faire retarder.

Lorsque le pendule est tel qu'il convient, on réitére l'expérience & on voit que le poids G arrive à la fin du premier espace pendant la durée de la premiere vibration. On reporte ensuite le timbre K vis-à-vis l'extrémité infé-

rieure du quatrieme eſpace : on réitére l'expérience, & le poids G arrive à la fin de ce quatrieme eſpace, lorſque le pendule a achevé ſa ſeconde vibration. On continue la même expérience, & le poids G a parcouru les neuf diviſions à la fin de la troiſieme vibration; d'où il ſuit que les eſpaces parcourus ſuivent la progreſſion des nombres impairs, 1, 3, 5, &c. Planche IX, *bis.*

Un corps qui ſe meut ſur un plan incliné eſt donc également ſoumis à l'action de la peſanteur : mais on remarque cette différence, que ſon mouvement eſt ralenti par l'inclinaiſon du plan, d'une quantité proportionnée à cette inclinaiſon.

On conçoit facilement qu'un corps étant placé ſur un plan incliné, eſt en partie ſoutenu par l'inclinaiſon de ce plan; & qu'il eſt d'autant plus ſoutenu, que cette inclinaiſon eſt plus grande, c'eſt-à-dire que le plan approche davantage d'une poſition parallèle à l'horizon, dans laquelle tout l'effort du corps pour tomber ſeroit détruit. L'action de la peſanteur qui maîtriſe un corps, s'affoiblit donc dans ce corps à raiſon de l'inclinaiſon du plan ſur lequel il ſe meut, & conſéquemment ce corps, en ſuivant conſtamment les loix de cette force générale, parcourt des

Planche IX, *bis.* espaces proportionnellement plus petits. Or, il est démontré que la vîtesse avec laquelle un corps se meut sur un plan incliné, est à celle avec laquelle il se mouveroit librement & perpendiculairement à l'horizon, comme la hauteur de ce plan est à la longueur. D'où il suit que si la hauteur du plan n'est, par exemple, que le tiers de la longueur, un corps qui se mouvera sur un plan, ne parcourra que le tiers de l'espace qu'il eût parcouru dans le même tems, s'il fut tombé librement & perpendiculairement à l'horizon. De-là on peut conclure qu'un corps ne parcourra que 5 pieds sur la longueur d'un plan de cette espece pendant la premiere seconde de son mouvement, puisqu'il est démontré que dans le climat de Paris, un corps qui tombe librement & perpendiculairement à l'horizon parcourt 15 pieds pendant la premiere seconde de sa chute. Nous faisons abstraction ici du frottement que le corps doit éprouver, en se mouvant, sur le plan dont nous venons de parler; ce qui doit diminuer une portion de l'espace que nous venons d'indiquer.

C'est en calculant de cette maniere l'espace qu'un corps doit parcourir sur la longueur d'un plan incliné, pendant le tems qu'il em-

ployeroit à tomber librement de la hauteur verticale de ce plan, qu'on découvre que ce corps doit employer le même tems à parcourir librement la longueur d'une corde donnée dans un cercle, & le diamètre vertical de ce même cercle. L'expérience justifie cette théorie. Planche IX, *bis.*

TROISIÈME APPAREIL.

Appareil propre à démontrer que les cordes d'un cercle sont parcourues dans le même tems que le diamètre.

AEBG (Pl. IX *bis*, fig. 2.) est un cercle de trois à quatre pieds de diametre. Les extrémités de l'un de ces diamètres A B, sont percées de deux trous faits pour recevoir l'alidade B C, creusée en forme de gouttiere, de sept lignes de largeur ou environ. Cette alidade successivement placée en A & en B, & tournant librement sur ces deux points, peut mesurer toutes les cordes du cercle. On remarque en O une espece de pince à ressort, qui s'ouvre en tirant le fil qui y est attaché. On en voit une semblable sur l'alidade B C; mais cette derniere tient à une bride qui glisse sur l'alidade & qui se fixe à la hauteur qu'on desire, par une vis de pression E. Cette bride porte outre cela une queue faite en forme de coq: celle-ci embrasse la circonférence du cercle, & sert à fixer l'alidade sur un des points de la circonférence, & à la Fig. 2.

Planche IX *bis*. contenir dans le degré d'obliquité qu'on veut lui donner.

USAGE de cet Appareil.

L'ALIDADE B C étant placée au point B & fixée en E, on met une boule de métal de six lignes ou environ de diamètre, sous la pince D; on en met une semblable en A, sous la pince correspondante. On attache un fil de communication au bouton de chacune de ces pinces, & on dirige ce fil de maniere qu'en le tirant on fasse ouvrir en même tems les deux pinces. Les deux billes tombent ensemble & arrivent au même moment en B, où l'on peut placer, si on le juge à propos, une caisse pour les y recevoir. Elles parcourent donc en même tems, l'une le diamètre vertical, & l'autre une des cordes du même cercle.

On peut réitérer la même expérience, en changeant l'inclinaison de l'alidade B C, & conséquemment en lui faisant représenter une toute autre corde du même cercle.

Cette importante théorie conduit naturellement à celle des oscillations du pendule, dont nous ne donnerons ici qu'une légere idée, parce que cette matiere est peu susceptible d'être traitée par expérience. Elle doit donc

donc être étudiée dans les ouvrages des célébres Mathématiciens qui l'ont développée avec tout le ſoin qu'elle mérite. On peut conſulter à ce ſujet, *Deſaguilliers*, *Muſchenbroek*, *s'Graveſande*, *Huyghens*, *&c.* Planche IX, *bis.*

On donne le nom de *pendule* à tout corps quelconque ſuſpendu à l'extrémité d'un fil, ou d'une verge dont l'autre extrémité peut ſe mouvoir autour d'un point fixe auquel elle eſt attachée; & on appelle *mouvement oſcillatoire* ou *oſcillation*, le mouvement réciproque de ce corps autour de ce point fixe. On nomme *vibration*, chaque oſcillation du pendule, c'eſt-à-dire chaque arc qu'il décrit autour du point fixe, ſoit en montant, ſoit en deſcendant. La grandeur de cet arc s'appelle *l'amplitude de la vibration.*

On diſtingue les pendules en *ſimple* & en *compoſé*. Le premier ſeroit celui dont toute la peſanteur ſeroit réunie au centre du corps ſuſpendu à l'extrémité du fil, ou de la verge qui le ſoutient. Il n'exiſte aucun pendule de cette eſpece; mais dans l'uſage ordinaire, on fait abſtraction de la peſanteur de la verge, & on ſuppoſe que le centre de gravité, ou la peſanteur de l'inſtrument coïncide avec le centre de la lentille ou du poids ſuſpendu, & on conſidére ce pendule comme ſimple.

Planche IX, *bis.* On ne regarde comme pendule *composé*, que celui sur la verge duquel on attache plusieurs poids les uns au-dessus des autres, à des distances différentes du centre du mouvement.

Cela posé, en faisant usage de l'appareil que nous venons de décrire (fig. 2.), en supposant cependant qu'on implante un style au centre du cercle, & qu'on y suspende un fil, à l'extrémité inférieure duquel on attache un poids, tel que la bille M, on peut observer :

1°. Qu'un corps qui se meut autour d'un centre, & qui décrit un arc de cercle, arrive un peu plutôt à l'extrémité de cet arc, que s'il tomboit en parcourant la corde de ce même arc.

2°. Que cette différence sera d'autant plus sensible qu'on fera décrire un plus grand arc à ce mobile.

3°. Que les oscillations d'un pendule d'une longueur un peu considérable & qui se font dans de très-petits arcs, ne different pas sensiblement, quant à leur durée, de celle de la chute d'un corps par la corde de ces mêmes arcs.

4°. Que la différence dans le poids des pendules n'influe point sensiblement sur la durée de leurs vibrations.

5°. Que les vibrations d'un même pendule ſont ſenſiblement iſochrones, quoiqu'elles ſe faſſent dans des arcs différens. Planche IX, *bis.*

6°. Enfin que la longueur du pendule varie ſinguliérement le tems de ſes vibrations, & que les vibrations, conſidérées dans deux pendules, qui ne different qu'en longueur, ſont entr'elles, quant à leur durée, en raiſon inverſe ou réciproque de la racine quarrée de leurs longueurs, c'eſt-à-dire que ſi l'un des pendules eſt quatre fois plus court que l'autre, le plus court fera deux vibrations, tandis que le plus long n'en fera qu'une.

La perfection du pendule ne répondit point aſſez bien à l'attente de M. *Huyghens*, pour que nous parlions ici de la *cycloïde* qu'il imagina d'y adapter. Nous laiſſons à celui qui voudra traiter cette matiere, le ſoin d'expoſer l'idée de ce Savant ſur l'application de cette courbe au pendule. Nous nous bornerons à faire connoître un appareil très-ſimple & dont on peut faire uſage pour s'inſtruire des propriétés principales de cette courbe, dont voici cependant une notion ſuffiſante.

Le Pere *Merſenne* conſidérant attentivement le mouvement de l'un des clous appliqués ſur l'une des gentes d'une roue de voi- Notion de la cycloïde.

Planche IX, bis.

ture, imagina très-bien que ce clou participoit en même tems à deux mouvemens; l'un en ligne droite, & l'autre autour de l'arbre de cette roue. D'où il conclut qu'il ne pouvoit décrire une ligne droite, ni une ligne circulaire, mais une courbe qui participoit à la nature de ces deux lignes. Il fit cette belle découverte en 1615; mais ce ne fut qu'en 1634, qu'aidé des lumieres de *Roberval*, il parvint à connoître la nature de cette courbe, qu'on appela alors *cycloïde*, & dont les propriétés ne furent connues que par les travaux du célebre *Descartes* & du savant *Wren*.

Voulez-vous tracer cette courbe mécaniquement? voici la méthode la plus simple & en même tems la plus exacte. Attachez un crayon sur la circonférence d'un plan circulaire, & perpendiculairement à ce plan. Faites mouvoir circulairement ce dernier sur une ligne droite, & le crayon tracera la *cycloïde*.

QUATRIEME APPAREIL.

Appareil propre à démontrer les propriétés de la cycloïde. Fig. 3.

SUR un plan AG (Pl. IX *bis*, fig. 3.), on a creusé la gouttiere CD, faisant portion d'une cycloïde. On a appliqué à côté une seconde gouttiere AB, faisant portion d'une circonférence de cercle & une troisieme EF,

qui repréſente la corde de cet arc. Le tout eſt ſoutenu ſur la baſe T T. Planche IX, *bis.*

Usage de cet Appareil.

On démontre, à l'aide de cet appareil, que ſi deux billes de métal ſont placées, l'une au haut de la corde E F, & l'autre à l'origine de l'arc A B, & qu'on les abandonne en même tems à elles-mêmes, celle de ces deux billes qui parcourra l'arc A B, arrivera plutôt à la fin de ſa chute B, que celle qui deſcendra le long de la corde E F de cet arc.

Si l'on place ces deux billes, l'une au haut de l'arc A B, & l'autre au haut de la gouttiere C D, que nous ſuppoſons être une portion de cycloïde, abandonnées en même tems à elles-mêmes, on verra que l'arc cycloïdal ſera plus promptement parcouru que l'arc-de-cercle A B. C'eſt de-là que les Mathématiciens ont regardé la courbe cycloïdale comme *la ligne de la plus prompte deſcente.*

Si au lieu d'un ſeul arc de cycloïde, tel que C D, on creuſoit ſur un plan deux arcs ſemblables, l'un à droite & l'autre à gauche, ſéparés l'un de l'autre à leur point de concours, par une lame de métal, par exemple, on obſerveroit en laiſſant tomber de part &

Planche IX, *bis.* d'autre deux billes, l'une de toute la hauteur de ſon arc, & l'autre de tout autre point quelconque du ſien; on obſerveroit, dis-je, que ces deux billes arriveroient en même tems à l'extrémité de leur arc & frapperoient en même tems la lame qui les ſépareroit. D'où il ſuit que ces deux arcs cycloïdaux de différente amplitude, ſont parcourus dans le même tems, quelque différence qu'il y ait dans leur amplitude. Ce fut cette propriété merveilleuſe de la cycloïde, qui fit imaginer à M. *Huyghens* d'appliquer cette courbe au pendule, en faiſant oſciller celui-ci dans des arcs cycloïdaux; mais, comme nous venons de l'obſerver, le ſuccès ne répondit point aſſez bien à ſon attente. C'étoit compliquer inutilement la ſuſpenſion du pendule; puiſqu'il eſt démontré qu'un arc-de-cercle, comparé à une portion de cycloïde, ſe confondent ſenſiblement enſemble vers leurs extrémités inférieures, & que par conſéquent on modere également bien le mouvement du pendule, en le faiſant oſciller dans de très-petits arcs-de-cercle, ou entre des lames cycloïdales.

Il conviendroit ſans doute ici d'expoſer les inventions ingénieuſes de MM. *Graham*, *Julien le Roy*, & pluſieurs autres célebres

Horlogers pour conſerver aux pendules leur longueur conſtante, nonobſtant les dilatations & les alongemens auxquels leurs verges ſont expoſées, à proportion que la température de l'air augmente, ou qu'il ſurvient dans l'atmoſphère de nouveaux degrés de chaleur; mais cette théorie nous éloigneroit trop de notre objet principal. On la trouvera on ne peut mieux développée dans les Tranſactions philoſophiques & dans les Mémoires de l'Académie des Sciences. Au défaut de ces ſavans Ouvrages, on pourra conſulter le *premier volume de nos Elémens de Phyſique.* Planche IX, *bis.*

PARAGRAPHE QUATRIEME.

Des Appareils propres à faire obſerver les effets de la combinaiſon de la peſanteur avec toute autre force.

NOUS avons fait obſerver préédemment, que tout corps ſoumis à l'action ſimultanée de pluſieurs puiſſances, compoſe ſon mouvement de la direction de chacune des puiſſances, & prend une direction moyenne entre celles que chacune de ces puiſſances tend à lui faire ſuivre. Or, tout corps qu'on lance parallèlement ou obliquement à l'horizon, ſe trouve néceſſairement ſoumis à l'action de

Planche IX, *bis.* deux puissances, 1°. à l'action de la force projectile qui le dirige suivant une direction parallèle ou oblique à l'horizon ; 2°. à l'action de la pesanteur qui se fait sentir efficacement sur tous les corps qui ne sont point soutenus. Il doit donc composer son mouvement & prendre une direction moyenne entre les deux qu'il reçoit en même tems.

En faisant ici abstraction de toute résistance possible, la force projectile est une force constante & uniforme qui produit des effets semblables en tems égaux, tandis que la pesanteur est une force accélératrice dont les effets vont en augmentant. Le mobile doit donc constamment se prêter davantage à cette derniere, à proportion qu'il y est plus long-tems soumis, & il doit en conséquence décrire une ligne courbe qui mérite d'être examinée avec toute l'attention possible.

Tous les Physiciens sont d'accord que, dans l'état présent des choses, nonobstant les obstacles qui s'y opposent, cette courbe doit être regardée comme une véritable *parabole*, dont nous abandonnons la théorie aux Mathématiciens, & dont la propriété fondamentale est que les quarrés des ordonnées sont entre eux comme les abscisses correspondantes. C'est particuliérement à celui qui s'occupe du mou-

vement des corps projettés, c'eſt à l'Officier d'Artillerie ſur-tout qu'il eſt important de bien connoître les propriétés de cette courbe. Nous nous bornerons à la tracer ſur un plan, pour faire voir, par expérience, que tout corps ſoumis en même tems à l'action d'une force projectile qui le dirige parallélement ou obliquement à l'horizon & à l'action de la peſanteur, décrit ſenſiblement une parabole. Planche X.

PREMIER APPAREIL.

Appareil propre à démontrer la chute parabolique des corps. Fig. 1.

AB (Pl. X, fig. 1.) eſt un plan de bois élevé ſur une tablette CD qu'on calle & qu'on met de niveau par le moyen de trois vis & d'un aplomb *Ab*, placé ſur l'un des côtés de la machine. Sur l'épaiſſeur du plan AB, eſt creuſée une gouttiere circulaire AE de ſept lignes de largeur. EF eſt un ſecond plan ajouté au premier, mais poſtérieurement & à la ſuite de la gouttiere, ſur lequel on a tracé des eſpaces égaux *ac*, *cd*, *de*, deſtinés à repréſenter les impreſſions uniformes de la force projectile. *af*, *ch*, *iK*, repréſentent celles de la peſanteur, & conſéquemment ils repréſentent des eſpaces qui vont en croiſſant comme la ſuite des nombres impairs, 1, 3, 5, 7, &c. La diagonale *a*H, inclinée aux points *g*, *i*, doit être cenſée ſemblable-

Planche X. ment inclinée dans tous les points de sa longueur; puisqu'au lieu des quantités sensibles *ac*, *cd*, *de*, on eût pu prendre des quantités insensibles ou infiniment petites, pour représenter tous les instans infiniment petits, pendant lesquels le mobile se meut selon la direction *ae*. G est un anneau d'un pouce de diamètre ou environ, disposé sur le plan E F, aux angles *g* ou *i*. On peut en mettre un semblable à chacun de ces points. H est un trou de même diamètre, creusé sur la tablette C D à l'extrémité de la courbe *a* H.

Usage de cet Appareil.

La machine étant exactement callée ou mise de niveau, on laisse tomber du haut de la gouttiere A E, une bille de cuivre ou de tout autre métal, de six lignes ou environ de diamètre. Cette bille descend d'un mouvement accéléré, & s'échappant au point E, elle tend à se mouvoir selon la derniere impression qu'elle a reçue dans sa chute. Elle tend donc à suivre la ligne *ae*; mais n'étant plus soutenue alors, elle obéit tout à la fois à l'impression de la force projectile qui l'anime, & à l'action de la pesanteur. Elle compose donc son mouvement des deux directions qu'elle reçoit, l'une représentée par *ac*,

& l'autre par *af*, & conſéquemment elle ſuit la diagonale *ag*. La peſanteur tendant à lui faire parcourir, dans le ſecond inſtant, un eſpace triple de celui qu'elle lui a fait parcourir pendant la durée du premier inſtant, elle compoſe ſon mouvement des directions *gh* & *gL*, & elle décrit la diagonale *gi*, à l'extrémité de laquelle elle rencontre l'anneau G, par lequel elle paſſe : maîtriſée alors par les forces repréſentées par *im* & *iK*, elle décrit la diagonale *i*H, & elle vient ſe précipiter dans le trou H. Elle décrit donc la courbe parabolique tracée ſur le plan devant lequel elle ſe meut. Planche X.

On conçoit facilement que quelqu'exact que ſoit cet appareil, il ne faut pas eſpérer de voir conſtamment la bille décrire la parabole *agiH* : le frottement qu'elle éprouve dans la gouttiere AE, & conſéquemment la maniere ſelon laquelle elle s'en échappe, la déroute ſouvent du chemin qu'elle devroit ſuivre. Obſervation ſur cet Appareil.

Ce qu'on ne peut trop recommander dans la conſtruction de cette machine, c'eſt que la gouttiere ſoit bien unie, & qu'on ait bien étudié la chute de la bille dans le premier inſtant, avant de tracer le premier parallélogramme *afgc*, d'où dépend eſſentielle-

Planche X. ment la direction de la diagonale *a g*, & conséquemment la chute totale de la bille.

Pour démontrer que les fluides, pareillement exposés à l'action simultanée d'une force projectile & de la pesanteur, décrivent une parabole, on se sert de l'appareil suivant.

Second Appareil.

Appareil propre à démontrer la chute parabolique des liquides.

Fig. 2. RS (Pl. X, fig. 2.) est une caisse plus longue que large & bien unie intérieurement, sur l'un des grands côtés de laquelle s'éleve un plan vertical blanchi. On trace sur ce plan les portions paraboliques AED, ALM, AIK. Sur l'un des petits côtés de cette caisse s'éleve un montant qui porte une espece de gousset P; c'est sur ce gousset qu'on établit solidement un tube cylindrique de verre B, de quinze à dix-huit lignes de diametre, & suffisamment solide pour qu'on puisse le remplir de mercure. Ce tube est garni inférieurement d'une virole de métal T: cette virole porte un robinet dont la clef se termine par un ajutage A, qu'on peut tourner en toutes sortes de sens.

Usage de cet Appareil.

On remplit de mercure le tube B, & on tourne d'abord l'ajutage A dans une position

verticale. Le mercure n'obéit alors qu'à la peſanteur qui le ſollicite de haut en bas, mais dont la direction, changée par la poſition de l'ajutage, l'oblige à s'élever de bas en haut, & il s'élance par une ligne verticale preſque à la hauteur de ſon niveau, dans le réſervoir. Planche X.

enſuite l'ajutage dans la direction horizontale A H : le mercure jailliſſant par cette ouverture, devient, à ſon iſſue, ſoumis à l'action de la peſanteur, & il décrit la parabole A E D.

Si on tourne l'ajutage de façon qu'on lui faſſe prendre la direction oblique AF ou AG, le mercure décrit alors la parabole A I K ou A L M.

D'où il ſuit que tout corps quelconque, ſolide ou liquide, ſoumis tout à la fois à l'action d'une force projectile & à celle de la peſanteur, décrit une parabole. C'eſt la courbe qu'affecte un boulet ou une bombe lorſqu'on pointe les pieces d'artillerie ſelon une direction parallèle ou oblique à l'horizon. C'eſt une matiere qu'on ne peut trop étudier & qu'on trouvera très-clairement développée dans le *Traité d'artillerie de M. Leblond.* On y apprendra de quelle maniere, ou mieux, ſous quel angle il convient de diriger les

Planche X. pieces pour atteindre sûrement le but qu'on se propose de frapper ; & en général on y trouvera la solution de tous les problêmes relatifs à cette importante partie de la guerre.

Nous ne pouvons nous permettre d'entrer ici dans le détail de toutes les variations auxquelles l'action de la pesanteur peut être soumise par sa combinaison avec une force projectile donnée, & conséquemment de développer la nature & les propriétés de différentes courbes qui peuvent en résulter. Cette théorie, peu susceptible d'être démontrée par expérience, doit être particuliérement étudiée dans les Ouvrages des Mathématiciens. Ceux qui voudront se livrer à l'étude de l'astronomie & connoître parfaitement les mouvemens des corps célestes, qui ne dépendent tous que d'une multitude de combinaisons variées de ces deux forces, trouveront de quoi satisfaire leur curiosité dans l'excellent Ouvrage de M. *de Lalande*.

PARAGRAPHE CINQUIEME. Planche X.

Des Appareils qu'on a imaginés pour expliquer la cauſe de la peſanteur.

S'IL n'eſt pas donné au Phyſicien de remonter & d'aſſigner la cauſe de ces phénomènes, que nous regardons comme l'effet d'une loi générale de la Nature, dont nous ne pouvons que calculer les effets, remarquer les différences relatives aux circonſtances variées qui les modifient ſinguliérement; il ne doit point paſſer ſous ſilence les différentes hypothèſes auxquelles l'envie de tout expliquer donna ſucceſſivement naiſſance. Il pourra ſe ſatisfaire à cet égard en conſultant un Ouvrage du Pere *Caſtel*, intitulé *Traité de la peſanteur*. Nous ne parlerons ici que de l'hypothèſe de *Deſcartes*, comme plus ingénieuſe, mieux fondée & plus ſéduiſante que les autres.

Opinion de Deſcartes.

Bien perſuadé que ſi pluſieurs corps circulent dans un même eſpace d'où ils ne puiſſent s'échapper, l'excès de force centrifuge des uns occaſionnera la force centripete des autres, comme nous le démontrerons plus bas, ce célebre Phyſicien imagina que la chute des corps ſublunaires vers le centre de la terre, n'étoit que l'effet de l'excès de

Planche X. la force centrifuge du tourbillon de la terre; idée extrêmement ingénieuſe & qu'il convient de mettre dans tout ſon jour, mais que nous nous contenterons de faire connoître par l'expérience que *Deſcartes* propoſa pour la confirmer.

PREMIER APPAREIL.

Appareil du globe de Deſcartes. Fig. 3. A (Pl. X, fig. 3.) eſt un globe creux de criſtal qu'on établit entre deux poupées CD, EF, ſur les pivots deſquelles il puiſſe tourner librement. Ce globe eſt mené par une roue B, dont la corde peut ſe bander plus ou moins, en faiſant monter cette roue le long du pilaſtre FG. Celui-ci eſt creuſé de deux rainures à jour, dans leſquelles gliſſe le chaſſis de la roue qu'on arrête à la hauteur convenable, par les deux vis de preſſion qui ſaillent au-devant de ce pilaſtre.

USAGE de cet Appareil.

ON remplit d'eau le globe A, & on introduit dans cette eau une goutte ou deux d'un autre liquide ſpécifiquement moins peſant: je me contente d'y laiſſer une bulle d'air qui y occupe un ſegment d'un pouce ou environ. L'air ne fait aucune tache ſur les parois du globe, l'huile au contraire qu'on pourroit ſubſtituer

ſubſtituer à ſa place & dont pluſieurs Phy- Planche
ſiciens font uſage, laiſſe une couche graſſe X.
ſur ſes parois & les ternit. On ferme le globe avec une virole ou un bouchon à vis : on l'établit entre les poupées & on le fait tourner rapidement ſur ſon axe. On voit la bulle d'air ſe diviſer en pluſieurs petits globules : ces globules ſe répandent dans les différens cercles parallèles à l'équateur du globe & ſe précipitent tous au centre particulier de chacun de ces cercles pour ſe raſſembler dans la longueur de l'axe du globe.

L'excès de la force centrifuge de l'eau n'occaſionne donc point ici la force centripete de la bulle d'air, puiſqu'au lieu d'arriver au centre du globe & de s'y contenir, cet air ſe diſtribue ſur toute la longueur de ſon axe. L'expérience que *Deſcartes* réclamoit en faveur de ſon opinion eſt donc bien éloignée de répondre aux vues de ſon Auteur, & c'eſt ce que M. *Huyghens* avoit prévu & démontré avant d'avoir conſulté l'expérience.

Cette opinion étoit néanmoins trop ingénieuſe & trop mécanique pour qu'on l'abandonnât aiſément : auſſi pluſieurs célebres Phyſiciens tâcherent-ils de la modifier & de l'amener à un degré de perfection qui pût

Planche X. lui donner toute la vraisemblance qu'on peut désirer en pareilles circonstances.

Parmi toutes les modifications qu'on lui donna, il convient de distinguer celle de M. *Bulfinger*; c'est, sans contredit, la plus ingénieuse & la plus mécanique. Il attribue deux mouvemens au tourbillion de la terre, l'un qui l'entraîne du midi au septentrion & l'autre de l'est à l'ouest: or, en vertu de ces deux mouvemens, tout corps soumis à l'impression de l'excès de leur force centrifuge, doit nécessairement suivre une diagonale qui le dirige au centre de ce globe. Voici l'appareil destiné à représenter cet effet.

SECOND APPAREIL.

Appareil de Bulfinger. Fig. 4

Le globe A (Pl. X, fig. 4), est entouré d'une espece de méridien de cuivre B C, dans lequel il se meut circulairement sur deux pivots B & C. Le méridien lui-même se meut sur deux autres pivots D & E, opposés à angles droits aux deux premiers. Le tout circule entre les deux poupées de la machine précédente. *a*, *b*, *d*, *c* sont quatre poulies embrassées par une corde de renvoi & disposées de maniere que la rotation du méridien entraîne nécessairement celle du globe.

Usage de cet Appareil.

Planche X.

On remplit encore d'eau le globe A, & on y introduit pareillement une bulle d'air. On le fait tourner ſur le méridien BC; il participe alors au mouvement de ce méridien, mais tiré outre cela par la corde de renvoi, il ſe meut ſur ſon axe particulier. Le globule d'air ſe trouve donc alors maîtriſé par deux forces oppoſées à angles droits, & conſéquemment devroit, en ſuivant la diagonale des deux directions qu'elles tendent à lui imprimer, ſe porter directement au centre du globe A. Or, le réſultat de l'expérience eſt encore le même que dans l'opération précédente.

Obſervation ſur l'appareil de Bulfinger.

Nous obſerverons cependant ici que cette machine ne répond point aux données de *Bulfinger*: que ſi le globe eſt entraîné par deux forces dont les directions ſont entre elles un angle droit, la maſſe d'eau qu'il contient ne décrit point réellement les deux cercles indiqués, mais une eſpece de courbe rentrante qui forme, à peu de choſe près, un 8 de chiffre. Malgré le défaut d'exactitude qu'on reproche à juſte titre à cette machine, on conçoit que deux tourbillons de matiere fluide mus en deux ſens différens,

Planche X. ne peuvent subsister en même tems & d'une maniere permanente.

Idée plus exacte de la pesanteur. L'idée la plus exacte qu'on puisse se former de la pesanteur, c'est de la regarder comme un phénomène qui suit de la loi générale d'attraction, ou mieux, qui n'est autre chose que l'effet de cette loi; & si cette derniere n'est pas strictement un effet de la volonté pure & simple du Créateur, comme tout nous porte à le croire, nous ne pouvons disconvenir que la cause physique de cette loi est encore bien éloignée de la foible portée de l'esprit humain.

Bornons-nous donc à examiner plus particuliérement les effets de la pesanteur générale: à suivre les loix constantes auxquelles tous les corps sont soumis à cet égard: à comparer les rapports de vîtesse qui les approchent du centre vers lequels ils tendent, relativement à la distance à laquelle ils en sont éloignés & aux autres circonstances qui modifient plus ou moins l'action de la pesanteur.

C'est particuliérement en étudiant les effets des distances qu'on est parvenu à démontrer que les vîtesses avec lesquelles deux corps s'approchent d'un même centre, sont en raison réciproque du quarré de leurs distances

à ce centre, & cette théorie eſt on ne peut mieux établie, lorſqu'on conſidere la chute des corps placés dans l'orbe de la lune, & qu'on la compare à celle de ceux qui ſont placés vers la ſurface de notre globe. En calculant en effet le tems que la Lune emploie à faire ſa révolution autour de la Terre, & en prenant la grandeur de l'arc qu'elle parcourt dans l'eſpace d'une minute, on trouve facilement de combien elle s'approche de notre globe dans cet eſpace de tems. Or, il eſt démontré qu'elle ne s'en approche alors que de quinze pieds: elle emploie donc une minute pour parcourir un eſpace que les corps ſitués vers la ſurface de la terre parcourent en une ſeconde, ou dans la premiere ſeconde de leur chute. Cela poſé, comme il eſt démontré que les eſpaces parcourus en vertu de la peſanteur ſont comme les quarrés des tems employés à les parcourir, un corps qui tomberoit vers la ſurface de notre globe pendant l'eſpace d'une minute ou de 60 ſecondes, parcourroit donc 54000 pieds, ou s'approcheroit 3600 fois davantage du centre de notre globe, qu'un corps qui tomberoit de l'orbe de la Lune. Or, 3600 eſt le quarré de 60, & la diſtance moyenne de la Lune à la Terre eſt de ſoixante demi-diamètres ter-

Planche X.

Planche X. reſtres. D'où il ſuit que l'action de la peſanteur qui maîtriſe vers la terre les corps placés dans l'orbe de la Lune, diminue, comme le quarré de la diſtance au centre de la terre augmente.

ARTICLE SEPTIEME.

Des Appareils des forces centrifuges.

ON démontre que tout corps qui ſe meut circulairement ou dans toute autre courbe quelconque, acquiert, par ſa rotation, une tendance à s'éloigner du centre de ſon mouvement, & qu'il s'en éloigneroit effectivement s'il ne trouvoit un obſtacle qui s'oppoſe à cet effet. Cette tendance eſt connue en Phyſique ſous le nom de *force centrifuge.*

Quoiqu'il ſoit important de conſidérer les effets de cette force dans toutes les courbes qu'un corps peut décrire, nous ne les conſidérerons ici que dans les corps qui ſe meuvent circulairement, comme plus ſuſceptibles de ſe prêter, dans cette circonſtance, aux expériences que nous nous propoſons d'indiquer. Nous abandonnerons à ceux qui voudront embraſſer cette théorie ſelon une plus grande étendue, le ſoin de conſidérer cette

même force dans toute autre courbe, d'ex- Planche X.
poſer l'obſtacle qui retient ces corps dans les orbes qu'ils décrivent & les modifications variées auxquelles ils ſont expoſés.

PREMIER APPAREIL.

AB (Pl. XI, fig. 1.) eſt une eſpece de godet de quatre à cinq pouces de profondeur, entouré vers le haut d'un cercle de métal, dans les deux oreilles *a* & *b* duquel on paſſe une corde CD, pour en former une fronde. Il faut donner au cordon CD toute la longueur qu'on peut lui laiſſer, pour qu'un homme puiſſe faire tourner cet appareil autour de ſa main ſans que le godet frappe le quarreau. Planche XI. Appareil propre à démontrer la force centrifuge. Fig. 1.

USAGE de cet Appareil.

LE godet AB étant rempli d'eau juſqu'au bord, on ſaiſit avec la main l'extrémité du cordon: on fait mouvoir ce vaiſſeau circulairement, comme on fait mouvoir une fronde & on lui imprime une viteſſe un peu rapide. On obſerve alors que quoique l'ouverture du vaiſſeau ſe trouve renverſée perpendiculairement, chaque fois qu'il paſſe au zenith de celui qui le fait tourner, l'eau demeure conſtamment dedans, ſans qu'il s'en échappe une

Planche XI. goutte. La force centrifuge qui tend à porter l'eau vers le fond du vaiſſeau, ſurpaſſe donc la force centripete qui tend à la faire tomber lorſque l'ouverture du vaiſſeau eſt renverſée.

SECOND APPAREIL.

Machine des forces centrales. Fig. 2. SUR l'un des angles d'une table triangulaire ABC (Pl. XI, fig. 2.), dont les côtés ont vingt-huit à trente pouces de longueur, s'éleve un montant B D, ſur la hauteur duquel on établit une roue R qui peut ſe mouvoir de bas en haut dans une couliſſe, & qu'on fixe à une hauteur convenable par deux vis de preſſion *a*, *b*. Cette roue eſt embraſſée par une corde qui ſe croiſe derriere & au bas du montant ſur une poulie E à double gorge, afin que cette corde ne s'embarraſſe pas. Elle paſſe de-là ſur deux poulies de renvoi placées obliquement de chaque côté du montant B D, & au-deſſous de la poulie E, d'où elle revient par deux ouvertures *c*, *d*, raſer à deux pouces ou environ, la ſurface de la table pour embraſſer deux groſſes poulies F, G, ſur leſquelles elle ſe croiſe. Ces deux poulies mobiles ſur deux longs pivots qui leur ſervent d'axe, ſont fixées aux angles A & C de la table. Il convient même de creuſer pluſieurs gorges ſur l'épaiſſeur de ces poulies,

& de connoître les rapports entre les diamètres de ces gorges. Il faut avoir ſoin de marquer le centre de ces poulies pour le faire coïncider avec celui de différentes pieces qui ſe montent deſſus. Planche XI.

A B (Pl. XI, fig. 3.) eſt un portant de deux pieds de longueur, ſur les deux extrêmités duquel s'élevent deux petits mentonnets A E, B F, de deux pouces de hauteur, traverſés par un fil de métal *a b*, qu'on y retient, & qui y eſt tendu par une vis *b*. Sur la longueur de ce fil ſont enfilées deux billes d'ivoire C D, de quinze à dix-huit lignes de diamètre & de même poids. Il faut avoir ſoin que ce fil ſoit bien dreſſé & que les billes puiſſent gliſſer librement ſur ſa longueur. La tablette de ce portant doit être blanchie & diviſée de part & d'autre, depuis ſon milieu, juſqu'à ſes extrémités en un certain nombre de parties égales, ſuppoſons en pouces. Fig. 3.

Le portant A B (Pl. XI, fig. 4.) eſt tout-à-fait ſemblable au précédent, avec cette ſeule différence que les billes C & D ſont différentes en maſſe & d'une quantité connue. J'ai coutume de les prendre dans le rapport de 1 à 2. Fig. 4.

Sur le milieu du portant A B (Pl. XI, fig. 5), on voit un vaiſſeau C ſolidement établi : il Fig. 5.

Planche XI. est ouvert par le haut & sur deux points de ses côtés. On adapte à ces dernieres ouvertures & on y mastique solidement les deux tubes de verre DE, FG, renflés vers leurs extrémités E & G. Ces deux tubes, posés dans une situation inclinée, sont encore retenus par deux anneaux à ressort *abc*, qui embrassent les boules E & G. Ces ressorts sont attachés à vis en *c* sur les mentonnets du portant.

Fig. 6. Sur le portant AB (Pl. XI, fig. 6.), on a assemblé deux plans de bois inclinés à l'horizon, & sur chacun desquels on a creusé deux rainures pour recevoir quatre tubes cylindriques de verre, retenus vers le milieu de ce portant par un morceau de bois, dans l'épaisseur duquel ils sont logés. Les deux tubes *cd*, *ef*, sont remplis d'eau & renferment l'un une petite balle ou un cylindre de cuivre, l'autre une petite boule de liége. Les deux autres *gh* & *ik*, sont remplis chacun de deux liqueurs de différente densité ; l'un contient de l'eau & de l'huile de térébenthine, l'autre de l'huile de tartre & de l'esprit-de-vin coloré sur l'orseil. Les rainures qui reçoivent ces tubes doivent être d'une couleur un peu tranchante, pour qu'on puisse distinguer aisément ces liqueurs.

Planche XI.

Usage de cet Appareil.

1°. On monte le portant A B (fig. 3.) ſur ſur l'une des poulies, ſuppoſons F de la machine décrite (fig. 2.), de maniere que le centre de ce portant réponde exactement au centre de la poulie. On éloigne également les billes C & D du centre de la rotation, & on tend ſuffiſamment la corde pour que ſon mouvement puiſſe entraîner celui de la poulie & du portant. Lorſque la roue eſt en mouvement, on obſerve que les billes acquiérent, par leur rotation, une force centrifuge qui les éloigne du centre de leur mouvement, les fait gliſſer ſur la longueur du fil de métal qui leur ſert de rayon vecteur, & elles vont frapper les extrémités correſpondantes du portant A B. Fig. 3. Fig. 2.

2°. Si on ſubſtitue à ce premier portant celui de la (fig. 5.), ayant ſoin de remplir d'eau ou de tout autre fluide, le vaiſſeau C, juſqu'à ce que la liqueur commence à ſe faire voir à l'origine des tubes qui tiennent à ce réſervoir; on obſerve que la force centrifuge entraîne cette maſſe de liqueur dans les deux boules E & G, & lui fait ſurmonter l'effort de la peſanteur, puiſqu'elle s'éleve alors au-deſſus du niveau de ſon réſervoir. Fig. 5.

Planche XI. Il suit de-là que tout corps qui circule, de quelque espece qu'il soit, solide ou liquide, acquiert, par cette circulation, une force centrifuge à laquelle il obéit lorsqu'il ne se trouve point d'obstacle qui puisse la surmonter.

3°. Le portant A B (fig. 4.) étant placé sur la même machine, & les deux billes C D étant unies entre elles par une soie un peu lâche dont on noue les deux bouts, si ces billes sont placées à la même distance du centre du mouvement, la force centrifuge de la bille D, dont la masse est double, deviendra proportionnellement plus grande; elle surmontera donc celle de la bille C, & elle entraînera cette derniere avec elle. L'une & l'autre iront frapper l'extrémité B du portant A B, ce qui prouve que la force centrifuge augmente avec la masse du corps qui circule.

4°. Si on place la petite bille C à une distance beaucoup plus éloignée du centre du mouvement, & qu'on rapproche la bille D très-près de ce centre, la vîtesse de la petite sera proportionnellement plus grande que celle de la grosse bille; & malgré l'excès de masse de cette derniere, la force centrifuge de la bille C deviendra supérieure à celle de

la bille D. La petite entraînera donc la groſſe & elles iront l'une & l'autre frapper l'extrémité A du portant; ce qui prouve que la vîteſſe concourt à l'augmentation de la force centrifuge. Planche XI.

Il ne ſuffit pas de connoître ces principes, qui ſervent de baſe à la théorie de la force centrifuge; il faut en connoître toutes les modifications, examiner de quelle maniere la maſſe & la vîteſſe entrent comme élémens dans le calcul de cette force. Nous en avons donné une idée aſſez préciſe dans *le premier volume de nos Elémens de Phyſique.*

5°. Le dernier portant A B (fig. 6.), placé ſur l'une des poulies de la machine, ſert à démontrer le principe ſur lequel *Deſcartes* avoit établi ſa théorie de la peſanteur. Il démontre que ſi pluſieurs corps ſont renfermés dans un même eſpace, d'où ils ne puiſſent s'échapper, l'excès de force centrifuge des uns occaſionnera la force centripete des autres. En faiſant en effet mouvoir ce portant, on voit la bille de cuivre ſe porter vers le haut du tube & la boule de liége ſe précipiter au bas du ſien. On remarque pareillement que l'huile de tartre gagne la partie ſupérieure du tube qui la renferme, & qu'elle précipite au-deſſous d'elle l'eſprit-de-vin qui Fig.

Planche XI. occupoit la partie supérieure du même tube, lorsque le portant étoit en repos. On voit enfin, pour la même raison, l'eau monter vers la partie supérieure de son tube & l'huile de térébenthine se porter vers le centre commun de la rotation de la machine.

Nous terminerons cet article par la description de deux machines dans lesquelles l'eau est élevée par un mouvement centrifuge; l'une représente la pompe de Hesse, connue sous le nom de *fuctor rotatilis*; & l'autre, la machine hydraulique imaginée dans ces derniers tems par M. *Vera*.

Planche XI, *bis*. La pompe de Hesse. Fig. 1 & 2. A B C & D E (Pl. XI *bis*, fig. 1.) sont deux vases en fer-blanc verniſſé, soudés l'un à l'autre & communiquant ensemble par une ouverture pratiquée près du fond, dans le côté qui leur est commun. Le premier de ces vases est garni d'un couvercle F F de même matiere, tenu à frottement dans la partie A B, qui forme, avec les bords intérieurs du même vase, une gouttiere circulaire A *g g* B, dont le fond est à un pouce & demi de ces bords & à niveau du tuyau *h*, qui fait communiquer cette gouttiere avec le vase D E.

m, *n*, *o*, *p* (fig. 2.) sont quatre tuyaux en fer-blanc ouverts à leurs extrémités,

recourbés ſupérieurement, & inclinés relativement à l'axe KL, auquel ils ſont fixés par le moyen des crpifillons *q*, *r*; l'extrémité L de cet axe repoſe ſur le fond du grand vaſe (fig. 1.) & dans une douille qui ſert à la contenir au centre de ce vaſe, tandis que l'extrémité oppoſée K, excède d'environ deux pouces le couvercle FF, ainſi que ſa traverſe *ii*, qui eſt percée dans ſon milieu d'un trou, dans lequel joue également l'axe KL. Planche XI, *bis*. Fig. 1.

Les vaſes ABC & DE étant remplis d'eau juſqu'au tiers environ de leur hauteur, on fait mouvoir rapidement l'axe KL, ainſi que les tuyaux *m*, *n*, *o*, *p*, par le moyen de la manivelle ST. L'eau, portée à niveau dans ces tuyaux communiquans inclinés, recevant alors un mouvement centrifuge, proportionné à ſa maſſe & à ſa diſtance au centre de la rotation, s'éleve de plus en plus dans ces mêmes tuyaux, & enfin ceux-ci la rendent dans la gouttiere A*gg*B, d'où elle paſſe par le tuyau *h* dans le vaiſſeau DE, & de-là dans le premier vaſe ABC, par l'ouverture que nous avons dit être pratiquée près du fond. Ainſi l'eau revenant toujours au principal réſervoir, l'on peut entretenir plus ou moins long-tems le jeu de cette eſpece de pompe, qui pourroit être conſtruite de

Planche XI, *bis*. maniere à ce que l'on pût s'en ſervir avec avantage dans pluſieurs cas.

La Machine Hydraulique de M. Vera. AB (Pl. XI *bis*, fig. 3.) ſont trois cordes ſans fin qui embraſſent deux poulies fixes, Fig. 3. à triple gorge *a b*, & établies l'une au-deſſus de l'autre dans une même ligne perpendiculaire; la poulie inférieure eſt retenue par le moyen d'un écrou au fond d'un réſervoir d'eau, c'eſt une eſpece de puits C, fait en fer-blanc verniſſé & attaché fixement ſur un ſoc D, qui eſt en bois également verniſſé, ainſi que le montant EF & la grande roue G; la poulie ſupérieure eſt renfermée dans une caiſſe de fer-blanc H, attachée au montant & percée à ſon fond de deux ouvertures pour donner paſſage aux cordes. Un même axe enfile cette poulie, ainſi qu'une autre d'un plus petit diamètre, & à une ſeule gorge, cachée derriere le montant. Une corde ſans fin s'enveloppe autour de cette petite poulie & de la grande roue G, qui a ſon axe particulier. En faiſant tourner cette roue au moyen de la manivelle I, ou de toute autre maniere, le mouvement ſe communique aux poulies *a b*, & aux cordes AB qui les embraſſent. Les parties aſcendantes de ces cordes, qui ſont plongées dans l'eau, impriment, après avoir quitté la poulie inférieure, leur

vîteſſe

viteſſe de bas en haut à l'eau qu'elles traverſent, & qui d'ailleurs eſt naturellement adhérente aux cordes, en même tems la poulie inférieure agite en tourbillon, juſqu'à une certaine diſtance, l'eau environnante; & celle-ci, à raiſon du mouvement centrifuge ou de la force tangentielle qu'elle reçoit, s'éleve avec les cordes en formant, autour de chacune d'elles, une enveloppe cylindrique qui les fait ſe rapprocher, par la force de cohéſion des molécules de l'eau: la direction & la viteſſe de cette derniere ne peuvent être détruites facilement; car ſi l'on briſe avec le doigt ou une lame de couteau une des colonnes d'eau aſcendantes, toutes les gouttes qui s'en détachent ne retombent pas, quelques-unes montent encore dans l'air, & vont ſe rejoindre à l'eau qui environne les cordes: enfin cette eau arrive à la poulie ſupérieure; & dès que les cordes ſe courbent ſur cette poulie, l'eau s'échappe par une infinité de tangentes, de ſorte qu'il faut la retenir dans la caiſſe H, d'où il eſt facile de la faire couler en tel endroit que l'on veut. Elle retombe ici dans le puits *c c*, en paſſant par le tuyau K L. Planche XI, *bis.*

La machine funiculaire que nous venons de décrire, differe à quelques égards de celle

Planche IX, *bis.* que M. *Vera* a préſentée à l'Académie royale des Sciences de Paris en 1781, & qu'il a, peu de tems après, établie par ordre du Roi, à Courbevoie proche Paris, dans le puits de la caſerne des Suiſſes. Notre appareil a ſur le ſien, les dimenſions étant les mêmes, l'avantage de fournir une plus grande quantité d'eau à la même hauteur & dans le même tems; mais il faut l'avouer, cet avantage, qui eſt dû à la multiplicité des cordes, s'évanouiroit dans les travaux en grand, par l'abſolue néceſſité où l'on ſeroit alors d'employer une force motrice proportionnellement plus grande.

Perſonne, avant M. *Vera*, n'avoit ſoupçonné que la ſimple rotation d'une corde verticale ſans fin, pût entraîner & fournir à de grandes hauteurs un volume d'eau conſidérable; il aura vraiſemblablement conçu l'idée d'une expérience auſſi intéreſſante & auſſi curieuſe, en obſervant ce qui ſe paſſe lorſqu'on tire de l'eau d'un puits; la corde ſe mouille & entraîne avec elle de l'eau qui retombe peu-à-peu. Les marins font la même obſervation toutes les fois qu'ils retirent le *lok*.

Quoi qu'il en ſoit, lorſque M. *Vera* eut annoncé cette découverte heureuſe en elle-

même, flatteuſe pour ſon auteur, les enthouſiaſtes crierent au miracle, toutes les notions reçues en hydraulique alloient être renverſées, tous les préceptes, toutes les machines devenoient nulles & inutilles, il falloit renoncer aux pompes & briſer les ſeaux. Planche XI *bis*.

Cependant l'expérience de M. *Vera* ayant fixé l'attention des Savans & des Artiſtes, pluſieurs ſe ſont empreſſés de faire des eſſais, d'établir de ces nouvelles machines hydrauliques. Quelques-uns ont réuſſi, d'autres ont échoué, ou du moins n'ont pas obtenu les effets qu'ils en attendoient, malgré les changemens & les complications que leur avoit ſuggéré le deſir de perfectionner une découverte ſi ſimple, qu'ils étoient intérieurement ſurpris qu'elle leur fût échappée. M. *Vera* s'étoit ſervi d'une corde de ſparterie, parce qu'elle a l'avantage de ſe conſerver long-tems dans l'eau; l'on a penſé, & avec raiſon, que tout corps continu qu'on pourroit faire tourner de la même maniere, produiroit le même effet; mais que cependant une corde de boyau, liſſe & polie, ne ſeroit pas auſſi avantageuſe qu'une de chanvre, de laine ou de crin, ni même qu'une chaîne de fer. Tous ces différens agens ont été employés avec aſſez de ſuccès, néanmoins on a été obligé

Planche XI, *bis.* d'avouer que la corde de ſparterie méritoit la préférence, à raiſon du prix, de la durée & de la facilité de s'en procurer.

M. *Vera* a depuis ſubſtitué à cette corde une ſangle qui entraîne des volumes d'eau bien plus conſidérables. En effet, le centre d'une corde ne peut que nuire infiniment par ſon poids, puiſque l'eau n'adhère qu'à la ſurface extérieure. Or, en fendant cette même corde, on double preſque les ſurfaces ſans augmenter le poids de la corde. Voilà donc un avantage certain que produit la ſangle.

M. *Berthe*, Directeur de la Manufacture de ſparterie établie à Paris, rue Popincourt, faubourg Saint-Antoine, après avoir fait fabriquer des cordes de diverſes formes & groſſeurs, ſoit cylindriques, ſoit plattes, unies ou chevelues, les a ſoumiſes à des eſſais publics, qui ont été faits au mois de Juillet 1782 : il paroît que les cordes qui ont un peu de chevelu élevent plus d'eau que les cordes unies ou liſſes; que les cordes plattes ou en liſieres, élevent plus d'eau que celles qui ſont cylindriques; que pluſieurs petites cordes élevent plus d'eau qu'une ſeule de même groſſeur que les petites réunies; mais comme cette augmentation de la quantité d'eau élevée exige plus de force pour mou-

voir la machine, il eſt à propos de ne prendre que de petites cordes accolées, du diamètre de quatre à cinq lignes, & dont on proportionnera le nombre à la force qu'on pourra employer chaque fois à mouvoir la machine. Planche XI, *bis.*

La quantité d'eau que l'on obtient par le moyen de la corde de M. *Vera*, a lieu de ſurprendre; le poids de l'eau qui monte n'étant ſoutenu par aucun vaſe adhérant à la corde. L'on peut dire la même choſe des hauteurs auxquelles elle pourroit l'entraîner, car elle a été éprouvée avec ſuccès, à l'Obſervatoire de Paris, à 168 pieds d'élévation. Mais à cauſe des poulies, des roues & des manivelles qu'il faut employer pour la rotation d'une corde verticale ſans fin, ce mécaniſme eſt moins ſimple que celui de la baſcule, moins ſimple que celui des ſeaux & de la poulie ou du treuil mu par des manivelles; il eſt en même tems plus diſpendieux & plus embarraſſant.

La corde, il eſt vrai, l'emporte ſur les pompes, quant à la ſimplicité; mais outre qu'elle produit beaucoup moins, elle ne pourroit leur être ſubſtituée dans bien des circonſtances.

Planche XI.

SECTION QUATRIEME.

Des Appareils néceſſaires pour démontrer les principes de la Statique.

Objet de cette Section.

LA Statique traite de la connoiſſance des machines & des avantages qu'on peut en attendre. On diſtingue les machines en *ſimples* & en *compoſées* : les ſimples ſont le *levier*, la *balance*, la *poulie*, le *tour*, le *plan incliné*, la *vis* & le *coin* ; les compoſées réſultent de la combinaiſon plus ou moins multipliée des précédentes.

On diſtingue dans une machine, la puiſſance, la réſiſtance, le point d'appui, la viteſſe, la ligne de direction & le centre de gravité.

La réſiſtance eſt la force qu'on veut vaincre ou contre-balancer. La puiſſance, celle qu'on emploie à cet effet. Le point d'appui eſt le point ſur lequel la puiſſance & la réſiſtance agiſſent l'une contre l'autre. La viteſſe ſe meſure par les arcs que décrivent en même tems la puiſſance & la réſiſtance, ou qu'elles décriroient ſi elles étoient en mouvement. La ligne de direction eſt la ligne perpendiculaire abaiſſée du centre de gravité de la

puiſſance, ſi elle n'eſt animée, & de la ré- Planche
ſiſtance au centre de la terre. Lorſque la XI.
puiſſance eſt animée, la ligne de direction n'eſt point différente de celle par laquelle elle agit. Le centre de gravité eſt un point autour duquel toutes les parties d'un corps ou d'un ſyſtême de corps ſont en équilibre. Chacun de ces objets mérite l'attention du Phyſicien; mais particuliérement le centre de gravité, dont nous expoſerons en peu de mots les propriétés, avant de paſſer à la conſidération des machines. Nous diviſerons donc cette Section en dix articles: le premier concernera les centres de gravité; les ſept ſuivans, les machines ſimples que nous venons d'indiquer; le neuvieme donnera une idée des machines compoſées; & le dixieme traitera des cordes, dont l'application & la connoiſſance ſont indiſpenſables dans le ſervice de la plupart des machines.

Diviſion de cette Section.

ARTICLE PREMIER.

Des Appareils néceſſaires pour démontrer les propriétés des centres de gravité.

LE centre de gravité d'un corps ou d'un ſyſtême de corps, eſt un point autour duquel

Planche XI. toutes les parties de ce corps ſont en équilibre. C'eſt dans ce point que ſe réunit l'effort de la peſanteur qui tend à porter le corps vers le centre des graves.

Dès que ce point ceſſe d'être ſoutenu, le corps obéit à la peſanteur qui le maîtriſe ; il ſe précipite vers le centre de la terre. On a ſu profiter de différentes manieres de cette propriété pour la conſtruction d'une multitude de machines ; dans le détail deſquelles nous ne pouvons nous permettre de deſcendre. Nous en ferons connoître quelques-unes ; celles qui ſont d'un plus fréquent uſage en Phyſique.

La bouſſole ou le *compas de mer*, doit à cette propriété ſa ſituation conſtante & parallèle à l'horizon. Suſpendue entre quatre pivots, placés au-deſſus de ſon centre de gravité, elle ſuit tous les mouvemens du vaiſſeau, ſans que le plan ſur lequel ſon cadran eſt tracé, ſe dérange de ſon paralléliſme. Nous en donnerons la deſcription à l'article *aimant*.

L'odomètre, qui ſert à meſurer le chemin que fait une voiture dans un tems donné, eſt un rouage dont le premier moteur eſt un centre de gravité qui n'eſt jamais ſoutenu ; il tend donc conſtamment à deſcendre, & il

deſcend effectivement, en parcourant le cercle que la voiture lui fait décrire. Nous ne pouvons donner ici qu'une légere idée de cette ingénieuſe machine; mais on en comprendra aiſément la conſtruction par ce ſimple expoſé. Planche XI.

PREMIER APPAREIL.

A (Pl. XI, fig. 7.) eſt un morceau de cuivre aſſez épais, d'une forme approchante de la triangulaire. Cette piece eſt attachée & fixée au-deſſus de ſon centre de gravité à un arbre C, mobile ſur ſes pivots. Cet arbre porte un pignon D, qui engraine dans les dents d'une premiere roue E. L'arbre de cette roue G porte également un pignon M, qui engraine dans les dents d'une ſeconde roue ſemblable à la premiere. Le pignon de cette ſeconde en mene une troiſieme, & ainſi de ſuite: le nombre de ces roues n'eſt pas fixé. La machine dont je fais uſage eſt compoſée de ſept pignons & de ſept roues. L'odomètre. Fig. 7.

Le rapport entre le nombre des aîles des pignons & celui des dents des roues, doit être le même dans ce ſyſtême de roues; & quoique ce rapport ne ſoit point déterminé, nous croyons qu'il ne peut être que très-bien & très-commode pour calculer les

Planche XI. effets, en prenant le rapport de 1 à 4: c'eſt celui que nous avons choiſi dans la conſtruction de notre machine.

L'arbre de chaque roue traverſe la platine antérieure K de la cage & porte une aiguille qui parcourt la circonférence d'un cadran correſpondant, diviſé en quatre parties égales, en ſuppoſant que le rouage ſoit dans le rapport indiqué. Ces diviſions, numérotées ſur chaque cadran, indiquent ſucceſſivement le nombre de tours que fait le centre de gravité A.

Usage de cet Appareil.

La cage de ce rouage étant fixée dans une boîte de métal (fig. 8.), on attache cette boîte entre deux des rayons d'une roue de carroſſe, ayant eu ſoin auparavant de diſpoſer toutes les aiguilles de façon qu'elles répondent chacune au plus petit des quatre nombres gravés ſur leur cadran; & on fait marcher la voiture. Lorſqu'elle a parcouru un chemin donné, on l'arrête & on regarde laquelle de ces aiguilles s'eſt déplacée la dernière, & le nombre auquel elle répond indique le nombre de tours que les roues de la voiture ont faits: or, chaque tour d'une roue de voiture ordinaire meſure dix-huit

fig. 8.

pieds ou trois toises de terrein dans sa révolution ; ce qui suffit pour calculer & connoître le chemin que la voiture a fait. Planche XII.

SECOND APPAREIL.

Les deux tablettes AC & BC (Pl. XII, fig. 1.) sont attachées en C par une charnière qui leur permet de s'écarter plus ou moins ; & de former un angle plus ou moins aigu. Ces tablettes, plus larges vers leurs extrémités A & B que vers C, forment un plan incliné, comme l'inspection de la figure l'indique. DE est une masse de bois formant deux cônes réunis en F par leurs bases. Double cône qui monte sur un plan incliné. Fig. 1.

USAGE de cet Appareil.

ON écarte les tablettes AC & BC de façon que leur écartement en AB soit égal à la longueur de l'axe DE, du double cône DFE. On pose alors la base de ce cône vers le sommet C de l'angle ACB, formé par les deux tablettes. On l'abandonne à lui-même & on le voit monter, en roulant, jusqu'au haut des plans inclinés CA, CB. Or, on démontre que le centre de gravité de ce corps descend constamment entre ces tablettes, quoique la totalité du corps monte effectivement de toute la hauteur du plan incliné.

Planche XII.

TROISIEME APPAREIL.

Même effet avec un cylindre dont le centre de gravité est porté vers la circonférence.

Fig. 2.

AB (Pl. XII, fig. 2.) est un plan incliné dont la longueur est de douze à quinze pouces, la hauteur de douze à quinze lignes, & la largeur de quatre à cinq pouces. C est une portion cylindrique de bois, de trois pouces de hauteur & dont la base est un cercle de six pouces de diamètre. Vers la circonférence & dans toute la hauteur de ce cylindre, est enchâssé un petit cylindre de plomb *a*, d'un pouce de grosseur, pour éloigner le centre commun de gravité du centre de figure C, & le transporter vers un des points de la circonférence de cette machine.

USAGE de cet Appareil.

Le cylindre C, posé par un des points de sa circonférence sur un plan horizontal, ne peut s'y tenir en situation que dans deux positions seulement; lorsqu'il est appuyé sur son point *a*, ou sur celui qui lui est diamétralement opposé: dans l'un & dans l'autre cas, son centre de gravité est soutenu, puisque la perpendiculaire abaissée de ce centre passe par le plan sur lequel le cylindre est porté. Ce même cylindre, étant placé vers le bas du plan incliné AB, de façon que la perpendi-

culaire abaiſſée de ſon centre de gravité tombe au-delà de l'appui de ce plan, on le voit entraîné par la chute de ſon centre de gravité, rouler & s'élever vers le haut du plan incliné. Planche XII.

Tels ſont en général les principaux appareils dont les Phyſiciens font uſage pour démontrer les effets du centre de gravité; mais il convient de traiter cette matiere d'une maniere plus étendue, d'étudier les poſitions variées que ce centre peut affecter dans différens corps, les effets de toutes ces poſitions & d'aſſigner les moyens qu'on a imaginés pour découvrir la ſituation de ce centre, dans un corps donné, ou dans un ſyſtême de corps.

ARTICLE SECOND.

Des Appareils propres à démontrer la théorie des Léviers.

LE lévier, conſidéré dans ſon état de préciſion, eſt une ligne inflexible & ſans peſanteur, dans laquelle on diſtingue un point d'appui, une puiſſance & une réſiſtance. On l'appelle *lévier du premier genre*, lorſque le point d'appui eſt ſitué entre la puiſſance Diviſion des léviers.

Planche XII. & la réſiſtance. Il eſt du *ſecond genre*, lorſque la réſiſtance eſt établie entre le point d'appui & la puiſſance. On le nomme enfin *lévier du troiſieme genre*, lorſque la puiſſance eſt diſpoſée entre le point d'appui & la réſiſtance.

Loi générale d'équilibre. De quelqu'eſpece que ſoit le lévier, *il y aura toujours équilibre entre la puiſſance & la réſiſtance, lorſque leurs maſſes ſeront en raiſon réciproque de leurs diſtances au point d'appui.* Rien de plus fécond que cette théorie, que l'on peut démontrer géométriquement, métaphyſiquement & par expérience. La derniere eſt du reſſort de cet Ouvrage, & c'eſt celle que nous allons faire connoître.

Premier Appareil.

Appareil des léviers. Fig. 3. AB (Pl. XII, fig. 3.) eſt un grand chaſſis de cuivre de deux pieds de largeur & de quatorze pouces de hauteur, diviſé en quatre parties par une eſpece de croix CD, EF. Le croiſillon EF, porte une rainure à jour *ab*, qui regne dans toute ſa longueur juſqu'à deux pouces près de ſes extrémités E & F. La portion CG du chaſſis eſt pareillement ouverte & préſente une rainure *c d*, dans laquelle gliſſe la poulie G, qu'on retient en place par une vis de preſſion adaptée poſ-

térieurement ſur la queue de ſa châſſe. La portion inférieure D I du même chaſſis, porte pareillement une rainure à jour *ef*, dans laquelle gliſſe une autre poulie H. Planche XII.

Ce chaſſis ſe cale & ſe met d'aplomb par quatre vis *pppp*, qui traverſent ſes pieds, & à l'aide d'un fil-aplomb *gh*.

AB (Pl. XII, fig. 4.) eſt une eſpece de coq qui gliſſe dans la rainure *a b* (fig. 3.), & qui s'arrête par une vis de preſſion C ſur tout point quelconque de cette rainure. Fig. 4. Fig. 3.

AB (Pl. XII, fig. 5.), eſt une lame d'acier bien dreſſée & bien trempée, diviſée en quatre parties égales; elle fait l'office de lévier. Elle gliſſe dans une chappe C, où elle eſt retenue par une vis de preſſion D & une lame à reſſort *ab*. Sur les deux côtés de cette chappe ſont adaptés, à angles droits, deux pivots taillés en forme de couteau. Ces pivots ſervent d'axe au lévier & ſe placent ſur le coq AB (fig. 4.), ſur lequel le levier roule & ſe met en équilibre. La forme qu'on donne à l'axe n'eſt point indifférente & mérite d'être conſidérée en particulier. On peut conſulter à cet égard, *le ſecond volume de nos Elémens de Phyſique*. Fig. 5. Fig. 4.

Planche XII.

Usage de cet Appareil.

Fig. 5. 1°. Le lévier AB (Pl. XII, fig. 5.), étant
suspendu par son milieu dans sa châsse C, &
Fig. 4. placé sur le coq AB (fig. 4.), on fixe celui-ci
Fig. 3. sur le milieu de la rainure *ab* (fig. 3.), dans
le chassis AB. On suspend alors aux extré-
mités du lévier des poids égaux & ils sont
en équilibre entre eux.

2°. Le lévier étant fixé dans sa chappe à
sa premiere division, son bras B 1 est trois
fois plus long que le bras A 1 : on commence
par mettre le lévier en équilibre avec lui-
même, à l'aide d'un poids approprié à cet
effet qu'on suspend à l'extrémité A de ce le-
Fig. 5. vier (fig. 5.), on porte la châsse C vers l'ex-
Fig. 3. trémité E de la rainure *ab* (fig. 3.), & on
voit qu'une masse comme 1, suspendue à
l'extrémité B de ce lévier, fait équilibre à
une masse comme 3, suspendue à son extré-
mité A. Le lévier est encore du premier genre
& les masses sont encore, comme dans le
premier cas, en raison réciproque de leurs
distances au point d'appui C.

3°. Les choses restant dans le même état,
la chappe C étant toujours placée à la pre-
Fig. 5. miere division du lévier AB (fig. 5.), &
le contre-poids demeurant suspendu en A,
on

on attache une ſoie à l'extrémité B de ce lévier : on fait paſſer cette ſoie ſur la circonférence de la poulie G (fig. 3.), pour changer la direction du poids qui doit être ſuſpendu à l'extrémité de cette ſoie, & le faire agir de bas en haut contre le lévier; tandis que les poids placés ſur la longueur 1 B, le ſollicitent à ſe mouvoir de haut en bas. Planche XII. Fig. 3.

Si on regarde le poids ſuſpendu à l'extrémité du cordon de ſoie comme faiſant l'office de puiſſance, le lévier deviendra du ſecond genre, & on aura équilibre lorſque les maſſes ſeront en raiſon réciproque de leurs diſtances à l'axe. Une maſſe comme 3, ſuſpendue à la (2) diviſion, ſera en équilibre avec une maſſe comme 1, ſuſpendue à l'extrémité de la ſoie; parce que la diſtance de cette derniere à l'axe, ſera trois fois plus grande que celle de la premiere maſſe. Pareillement une maſſe comme 3, ſuſpendue à la (3) diviſion, ſera en équilibre avec une maſſe comme 2, ſuſpendue à l'extrémité de la même ſoie; parce que le rapport de la diſtance à l'axe ſera encore réciproque à celui des maſſes.

Ces expériences confirmeront la même théorie pour le lévier du troiſieme genre, ſi on regarde le poids qui fait l'office de puiſſance, dans le cas précédent, comme la

Planche XII. réſiſtance, & ſi on donne le nom de puiſſance à celui qui repréſentoit la réſiſtance.

En réfléchiſſant ſur ces phénomènes, on ne peut s'empêcher d'obſerver que tout l'avantage du lévier du troiſieme genre tourne au profit de la réſiſtance. Comment l'Auteur de la Nature a-t-il donc pu préférer cette eſpece de lévier dans la diſpoſition des muſcles du corps des animaux? C'eſt une queſtion très-importante & très-curieuſe à traiter: elle fournit occaſion d'expliquer une des plus belles fonctions de l'économie animale, *l'action muſculaire*. Nous avons ſatisfait à cette queſtion & nous avons développé cette fonction d'une maniere aſſez étendue dans le *premier volume de nos Leçons ſur l'Economie animale*, & dans le *ſecond volume de nos Elémens de Phyſique*.

La théorie des léviers conduit à la ſolution de pluſieurs problêmes plus curieux les uns que les autres. On explique, par exemple, très-facilement de quelle maniere il convient de diſtribuer la volée d'un carroſſe lorſque les chevaux ſont de forces inégales, ce qui peut devenir très-important en quantité de circonſtances. On démontre avec la même facilité, ce que deux hommes porteroient d'un fardeau ſuſpendu ſur la longueur d'un bâton dont ils ſoutiendroient les extrémités, &c.

SECOND APPAREIL.

Planche XII,

Appareil propre à démontrer la charge de deux puiſſances qui ſoutiendroient un fardeau appliqué ſur la longueur d'un lévier. Fig. 6.

A, B (Pl. XII, fig. 6.) ſont deux poulies fixes, montées dans deux châſſes ſoutenues ſur deux colonnes AC & BD. Ces colonnes peuvent s'approcher ou s'éloigner l'une de l'autre, en gliſſant dans les rainures *c*, *d* de la tablette T V, ſur laquelle elles ſont fixées & retenues en ſituation par deux vis de preſſion placées au-deſſous de cette tablette.

a b eſt un lévier d'acier ſuſpendu par ſes extrémités à des cordons de ſoie qui embraſſent la circonférence des poulies A & B. *p*, *p*, ſont deux petits poids ſous-doubles chacun du poids du lévier *a b*, & deſtinés à le tenir en équilibre lorſqu'il eſt ſuſpendu. R, eſt un fardeau donné attaché à un cordon qui embraſſe & qui gliſſe ſur la longueur du lévier *a b*.

USAGE de cet Appareil.

1°. Le lévier *a b* étant ſuſpendu & tenu en équilibre par les contre-poids *p*, *p*, on place le fardeau R ſur le milieu de ce lévier & on le retient en équilibre avec quatre maſſes P, P, P, P, qui ſont chacune égale au quart du poids du fardeau R, deux de chaque côté: d'où l'on conclud que lorſque deux puiſſances

Planche XII. ſont à la même diſtance du fardeau, elles en ſoutiennent chacune la moitié.

2°. On approche le fardeau R plus près de l'une des extrémités du lévier *a b*, ſuppoſons
Fig. 7. qu'on le place au point C (fig. 7.), de façon que C *b* ſoit triple de C *a*. Dans ce cas, l'équilibre ſe rompt en faveur de la puiſſance appliquée à l'extrémité *b*; mais on le rétablit en ſuſpendant au fil qui ſoutient l'extrémité *a*, un poids triple P, P, P, de celui qui eſt attaché au fil qui tient à l'extrémité *b*; & de façon que la ſomme des quatre poids ſoit égale au poids du fardeau R, ce qui répond parfaitement à la théorie du lévier.

On démontre facilement l'application de cette théorie, en conſidérant le lévier *a b* comme un double lévier du ſecond genre, & en prenant ſucceſſivement les extrémités *a* & *b*, comme faiſant l'office de point d'appui.

Planche XII.

ARTICLE TROISIEME.

Des Appareils propres à démontrer les propriétés de la balance.

LA balance eſt de deux eſpeces, *ordinaire* ou *romaine :* l'une & l'autre eſt un véritable lévier du premier genre ; elles ne différent entre elles que par la poſition de l'axe ou du point d'appui. Il eſt également éloigné des deux extrémités dans la balance ordinaire, & plus près de l'une que de l'autre dans la romaine.

PREMIER APPAREIL.

LE lévier AB (Pl. XIII, fig. 1.) ſe nomme *le fléau de la balance ;* c'eſt un lévier d'acier trempé & bien dreſſé, au milieu duquel on remarque l'axe C, taillé en forme de couteau & fixé perpendiculairement à égale diſtance des points de ſuſpenſion A & B. Planche XIII. Balance ordinaire. fig. 1.

Cet axe roule dans les yeux de la châſſe HI, ſuſpendue en G à un point fixe. Ces yeux doivent être faits d'une matiere très-dure qui puiſſe réſiſter au tranchant de l'axe, & c'eſt une obſervation qui mérite d'être ſaiſie. Le fléau eſt ſurmonté d'une pointe qu'on appelle

Planche XIII. *aiguille*, & dont l'extrémité *a* doit coïncider avec la pointe *b* de la châsse, lorsque la balance est dans une situation horizontale. On ménage communément au-dessous du fléau une petite masse d'acier pour contre-balancer le poids de l'aiguille. Il seroit beaucoup plus exact de substituer à sa place un poids ajusté sous ce fléau; il contre-balanceroit plus exactement le poids de l'aiguille, lorsque la balance trébuche d'un côté ou de l'autre.

Aux points de suspension A & B, qui doivent être également taillés en forme de couteau, sont suspendus à deux anneaux ou à deux crochets arrondis sur leur circonférence, les bassins E & F, qui sont de même poids.

Usage de cet Appareil.

Cette machine sert à indiquer le poids des corps qu'on place dans l'un des bassins: on le compare à celui de certains poids qu'on met dans le bassin opposé, & dont la valeur est de pure convention, mais déterminée & connue.

L'exactitude de cette machine dépend de plusieurs conditions: 1°. la balance doit être très-mobile; 2°. le centre de gravité du fléau doit être un peu au-dessous, mais très-peu

éloigné du centre du mouvement ; 3°. les bassins doivent être eux-mêmes très-mobiles sur leurs points de suspension. On ne peut trop insister sur ces conditions, elles sont de la dernière importance pour la perfection de cet appareil. La première se saisit trop facilement pour nous y arrêter ; on peut démontrer les deux suivantes avec les appareils que voici. Planche XIII.

SECOND APPAREIL.

Appareil pour démontrer que le centre du mouvement doit être peu éloigné de celui de gravité. Fig. 2.

ABC (Pl. XIII, fig. 2) est une espece de fléau suspendu dans sa châsse, à une distance très-marquée au-dessus de son centre de gravité *a*.

USAGE de cet Appareil.

Si on vient à faire trébucher l'un des bras de ce fléau, supposons le bras B C, son centre de gravité *a* s'élevera dans l'arc *a b* & retombera par un mouvement accéléré qui l'emmenera en sens contraire & qui le fera osciller comme un pendule, pendant un tems d'une durée assez considérable. La balance n'aura donc point cette précision qu'on cherche dans ces sortes d'instrumens.

Si les deux centres de gravité & de mouvement étoient confondus, le fléau se tien-

Planche XIII. droit en équilibre dans toutes les positions inclinées qu'on pourroit lui faire prendre. Mais on conçoit en même tems que pour peu que l'un des bras devînt prépondérant, la balance trébucheroit tout d'un coup sans revenir sur elle-même, & qu'il seroit très-difficile d'atteindre au point d'équilibre. Son extrême mobilité, qu'on regarde comme une perfection dans la théorie de cette machine, deviendroit un inconvénient dans la pratique. On est donc obligé de gâter un peu ces sortes d'instrumens pour en rendre le service plus commode, & c'est la raison pour laquelle on dispose le centre du mouvement un peu au-dessus du centre de gravité. Mais comme cette correction est une imperfection réelle, il n'en faut user que sobrement & n'éloigner ces deux centres que le moins qu'il est possible.

Troisieme Appareil.

Appareil qui démontre que les bassins doivent être suspendus librement. Fig. 3.

AB (Pl. XIII, fig. 3.) est un fléau de balance fort mobile dans sa châsse; à l'extrémité de l'un de ses bras, supposons CA, on suspend librement un bassin, tandis que le poids R, fait en forme de parallélipipède, se place, par le moyen d'une couliſſe, en dessus ou en dessous de son bras CB.

USAGE de cet Appareil. Planche XIII.

Le poids R étant placé au-deſſus du fléau, on met dans le baſſin oppoſé un contre-poids ſuffiſant pour faire équilibre au poids R, lorſque le fléau eſt dans une ſituation horizontale; les maſſes ſont alors égales & à égales diſtances de l'axe ou du point d'appui: mais pour peu qu'on faſſe trébucher cette balance, l'équilibre ſera rompu en faveur du poids R, ou du contre-poids. Ce dernier deviendra prépondérant ſi on fait baiſſer le bras C A; le poids R le deviendra au contraire ſi on incline le bras C B.

Mais ſi le poids R étoit attaché au-deſſous du bras C B, comme il eſt indiqué par la ponctuation, le contraire arriveroit. Le poids R ſeroit prépondérant lorſque le bras C A ſeroit baiſſé, & il paroîtroit plus léger chaque fois que le bras C B ſe trouveroit au-deſſous de ſa ſituation horizontale.

On démontre géométriquement cette vérité, & on fait voir que dans tous ces cas, la poſition du centre de gravité du poids fixe R, varie dans ſa diſtance au point d'appui; ce qui occaſionne les différences que nous venons d'indiquer. On peut conſulter à ce ſujet, nos *Elémens de Phyſique*, *Tome II*, dans

Planche XIII. lesquels nous avons donné la raison de ces différens phénomènes.

On doit conclure de cette expérience, que si un homme, supposons un Moissonneur, veut enlever une gerbe, & qu'il passe sa fourche dans le lien de cette gerbe, de façon qu'elle soit placée au-dessous des fourchetons, il fatiguera davantage que s'il la saisissoit en sens contraire, de maniere que la gerbe reposât sur les fourchetons de l'instrument. Mais nous abandonnons ces observations à celui qui voudra traiter cette matiere avec toute l'étendue qu'elle mérite.

QUATRIEME APPAREIL.

Balance romaine. Fig. 4.

ACB (Pl. XIII, fig. 4.) est un fléau de balance dont l'axe étant en C, le bras CA est incomparablement plus long que le bras CB. On suspend en E & librement le bassin P, ou on se contente d'un simple crochet auquel on attache les corps qu'on veut peser. Le bras CA doit être divisé en un certain nombre des parties qui servent à indiquer la valeur relative du poids *p* placé sur chacune de ces divisions.

USAGE de cet Appareil.

ON conçoit facilement, par ce que nous avons fait observer précédemment sur les

léviers, quel peut être l'uſage de cet inſtrument. On voit manifeſtement que le poids *p* étant donné, il peut contre-balancer des maſſes différentes placées dans le baſſin P, ou ſuſpendues au crochet E. Planche XIII.

Cette eſpece de balance peut peſer des maſſes beaucoup plus conſidérables que celles qu'on peſe dans une balance ordinaire, & elle a cet avantage, que ſa mobilité en eſt moins altérée. On conçoit effectivement qu'à proportion que les baſſins d'une balance ſont plus chargés, l'axe en devient moins mobile, puiſque ſon frottement augmente dans les yeux de la châſſe. Or, l'axe d'une balance romaine eſt néceſſairement moins chargé, toutes choſes égales d'ailleurs, que celui d'une balance ordinaire, puiſqu'il ne porte que la ſomme des poids abſolus, & non celle des poids relatifs qui ſe font équilibre. C'eſt une théorie qu'on ne peut développer avec trop de ſoin, & qu'on peut démontrer avec l'appareil ſuivant.

CINQUIEME APPAREIL.

Appareil qui démontre que l'axe d'une romaine n'eſt chargé que de la ſomme des poids abſolus.

ab Pl. XII, fig. 8.) eſt un lévier dont nous avons déjà fait uſage, & qu'on ſuſpend à des cordons qui paſſent ſur les circonférences des poulies A, B (fig. 6.); on ajoute Planche XII. Fig. 8. Fig. 6.

Planche XIII. ici le second lévier *cd*, qu'on pose sur le milieu C du précédent; celui-ci représente l'axe d'une balance romaine. Le lévier *cd* est posé de maniere que l'un de ses bras C*c* est trois fois plus long que le bras C*d*; & il est en équilibre avec lui-même par le contre-poids *q* suspendu en *d*. Les poids *p*, *p* attachés aux extrémités des cordons qui embrassent les poulies, doivent être suffisans pour contre-balancer les deux léviers *ab*, *cd* & le contre-poids *q*.

Usage de cet Appareil.

Un poids R, de trois onces, appliqué à l'extrémité *c* du lévier *cd*, sera en équilibre avec un autre poids Q, de neuf onces, suspendu à l'extrémité du même lévier; puisque ces masses seront entre elles en raison réciproque de leurs distances au point d'appui C. La somme des forces relatives sera donc égale à 18; mais la somme des forces absolues n'équivaudra qu'à 12, somme des masses 3 & 9, appliquées aux extrémités *c*, *d*. Or, deux poids P, P, de six onces chacun, suspendus au-dessous des contre-poids *p*, *p*, tiendront le tout en équilibre & démontreront que le point d'appui C, ou l'axe, n'est chargé que de la somme des poids absolus.

Nous abandonnons ici la ſolution de pluſieurs problêmes plus curieux les uns que les autres, concernant l'uſage des balances, tels, par exemple, que d'indiquer le moyen de ſe garantir d'une balance frauduleuſe; de faire avec une balance & des poids convenables, toutes les opérations de l'arithmétique. Ce dernier problême originairement propoſé par M. *de Caſſini*, auquel nous devons la conſtruction d'une balance deſtinée à cet effet, ſe trouve expoſé & réſolu d'une maniere très-ſimple & très-ſatisfaiſante, dans les *Elémens de Phyſique de s'Graveſande*, & dans le *premier volume de notre Dictionnaire de Phyſique.* Tous les Mécaniciens ont traité du premier. Planche XIII.

Nous ne croyons pas devoir paſſer ici ſous ſilence la conſtruction de la balance de *Roberval*, elle donne la ſolution d'un paradoxe ſingulier que tout le monde doit connoître.

SIXIEME APPAREIL.

AB (Pl. XIII, fig. 5.) doit être conſidéré comme le fléau de cette balance, mobile au point C: à ſes extrémités A & B, ſont adaptées des règles de métal AD, BE, mobiles ſur leurs pivots & parallèles entre elles. Balance de Roberval. Fig. 5.

Pour conſerver ce paralléliſme, on les unit

Planche XIII. inférieurement par une autre lame de métal DE, qui se meut également aux points D & E, ainsi qu'au point *r* où elle est unie à la tige qui porte le fléau. F & G sont deux petits léviers fixement attachés vers le milieu des regles AD & BE.

USAGE de cet Appareil.

Des poids de même masse suspendus en *a* & *d* aux léviers F & G sont en équilibre; ils y sont encore entre eux, si l'un demeurant suspendu en *a*, l'autre est transporté en *e*. En général, ces poids demeurent en équilibre sur quelque point des léviers F & G qu'ils soient appliqués: or, quoique cette expérience paroisse contredire la théorie précédente, on démontre que, dans toute circonstance, l'action des poids se porte sur les points A & B du fléau AB, & conséquemment à des distances véritablement égales du point d'appui C.

Planche XIII.

ARTICLE QUATRIEME.

Appareils néceſſaires pour démontrer les propriétés des poulies.

ON diſtingue la poulie en *ſimple* & en *compoſée*; nous diviſerons donc cet Article en deux Paragraphes.

PARAGRAPHE PREMIER.

Appareil des poulies ſimples.

LA poulie ſimple eſt un plan circulaire qui repréſente une ſuite de léviers du premier genre qui ſe ſuccedent, & dont les bras étant également longs, exigent, dans le cas d'équilibre, que les maſſes qui agiſſent les unes contre les autres, ſoient égales. On conçoit en effet que la puiſſance & la réſiſtance agiſſant ici à la même diſtance du point d'appui, la puiſſance ne gagne aucune force contre la réſiſtance, dans ſon application à cette machine; mais agiſſant de haut en bas, ſelon la direction de la peſanteur, elle agit plus favorablement & d'une maniere qui lui eſt plus avantageuſe, que ſi elle étoit obligée d'agir ſelon une direction contraire, de bas en haut, comme il arrive lorſqu'on veut

Planche XIII. élever un fardeau sans le secours d'une poulie, ou de toute autre machine équivalente. D'ailleurs, sans cet avantage que la puissance retire de l'application d'une poulie, il ne seroit pas possible d'emprunter le secours d'une puissance inanimée pour contre-balancer ou pour faire monter un corps, puisqu'une puissance de cette espece ne peut agir contre la direction de la pesanteur. Il y a plus, s'il s'agit d'élever un fardeau, & qu'on se serve à cet effet d'une puissance animée, elle agira bien plus favorablement par le moyen d'une poulie, non-seulement à raison de sa direction, mais encore à raison de la moindre quantité de force qu'elle sera obligée d'employer. On conçoit effectivement qu'un homme qui se baisse pour élever un poids a non-seulement toute la valeur de ce poids à porter, mais encore la moitié du poids de son corps.

On démontre, avec l'appareil suivant, qu'on doit regarder la poulie simple comme un assemblage de léviers du premier genre.

Premier Appareil.

Appareil qui démontre que la poulie simple est une suite de léviers du premier genre.

AB, *ab* (Pl. XIII, fig. 6.) sont deux poulies simples, fixées sur le même arbre C, dont les diamètres sont entre eux dans un rapport connu; supposons dans le rapport de

Fig. 6.

3 à 1.

$\frac{1}{3}$ à 1. Sur un des points de la circonférence de chacune de ces poulies en *d*, par exemple, & en *e*, ſont attachés fixement deux cordons qui embraſſent en ſens contraire leur demi-circonférence. Planche XIII.

Usage de cet Appareil.

Un poids P d'une once, ſuſpendu à l'extrémité du cordon qui enveloppe la grande poulie, tient en équilibre un poids R de trois onces, ou trois poids R, R, R, d'une once chacun ſuſpendus à celui qui embraſſe la demi-circonférence de la petite. Les maſſes ſont donc ici en équilibre comme dans les léviers, lorſqu'elles ſont en raiſon réciproque de leurs diſtances au point d'appui.

On démontre encore que eu égard à la diſpoſition des léviers dans la poulie, il eſt indifférent que la corde qui l'embraſſe, enveloppe une portion plus ou moins étendue de ſa circonférence.

Second Appareil.

Appareil qui démontre qu'il eſt indifférent que la corde embraſſe une portion plus ou moins étendue de la poulie.

A Pl. XIII, fig. 7.) eſt une poulie à jour, dont la circonférence eſt ſoutenue par quatre ou ſix croiſillons. Cette poulie eſt fixée dans une châſſe établie ſur un pilier AB. Sur un ſecond pilier OE, parallèle au premier, eſt Fig. 7

Planche XIII. pareillement monté dans une châſſe, un lévier en croix C G D F, dont les bras ſont égaux aux rayons de la poulie A. Ce lévier ſe meut librement ſur ſon axe.

Usage de cet Appareil.

1°. La demi-circonférence de la poulie A étant embraſſée, ſelon l'uſage ordinaire, par une corde, les poids P, P doivent être égaux pour ſe faire équilibre.

2°. La corde n'embraſſant que le quart de la même poulie, & s'attachant par l'une de ſes extrémités au point G de la branche G E du lévier, le poids R, ſuſpendu à l'extrémité D de la branche D E, doit encore être égal en maſſe au poids P, pour lui faire équilibre.

3°. La corde embraſſant les trois-quarts de la poulie, comme on peut le remarquer par la ligne ponctuée, & s'attachant en F, le lévier étant mis dans la ſituation F E C, le même poids R fait encore équilibre au poids P.

Obſervation ſur la maniere de monter les poulies ſimples.

Le ſervice de ces ſortes de poulies eſt trop étendu pour ne pas nous arrêter à conſidérer un moment la meilleure maniere de les monter. On eſt dans l'uſage de faire rouler la poulie ſur un arbre, ſur une eſpece de cheville qui traverſe la châſſe & l'épaiſſeur de la poulie. Cette méthode eſt on ne peut plus défectueuſe;

car le trou fait dans l'épaiſſeur de la poulie, Planche
ſe déformant à la longue, ſa circonférence XIII.
intérieure s'uſant inégalement en différens points, l'intérieur de ce trou devient tout inégal & raboteux : de-là le frottement, devenu plus conſidérable, augmente la réſiſtance que la puiſſance doit ſurmonter. Cette inégalité fait encore que tous les points de la circonférence ne ſe trouvent plus à égale diſtance de l'axe, qui eſt toujours la ligne qu'on ſuppoſe paſſer par le milieu de l'arbre. De-là la puiſſance & la réſiſtance n'agiſſent pas conſtamment à la même diſtance ; & cette inégalité devient défavorable à la puiſſance, dans les circonſtances où la réſiſtance ſe trouve plus éloignée du point d'appui.

On évite cet inconvénient, en fixant quarrément l'arbre dans l'épaiſſeur de la poulie, & en faiſant tourner ſes deux extrémités, ou ſes pivots ſur des ſupports convenables.

Ces ſupports ſont communément deux trous percés de part & d'autre dans l'épaiſſeur de la châſſe ; mais dans ce cas, le frottement de l'arbre eſt un frottement de la premiere eſpece, & il devient d'autant plus conſidérable, que la poulie eſt employée à faire agir la puiſſance contre un fardeau plus lourd. On remédieroit facilement à ce nouvel

Planche XIII. inconvénient, & on rendroit le frottement beaucoup moins grand, en le changeant pour un frottement de la ſeconde eſpece. Il ne s'agiroit pour cela que de faire poſer les extrémités de l'arbre ſur l'interſection de quatre rouleaux très-mobiles eux-mêmes ſur leur axe; deux de chaque côté. Nous laiſſons aux Mécaniciens le ſoin de mettre cette pratique en exécution, ſur-tout dans l'application des poulies deſtinées à des uſages journaliers, telles que celles qu'on établit aux fenêtres des greniers pour y ſerrer le foin, celles qu'on adapte au-deſſus des puits pour en tirer de l'eau, &c.

PARAGRAPHE SECOND.

Des Poulies compoſées.

On donne le nom *de poulies compoſées*, ou plus généralement celui des *mouffles*, ou de *poulies moufflées*, à un ſyſtême de poulies dont les unes ſont fixes & les autres mobiles avec le fardeau dont elles ſont partie. Ces mouffles prennent différens noms, ſuivant le nombre de poulies mobiles dont elles ſont compoſées. On les nomme *mouffles à deux yeux*, *à trois*, *ou à quatre yeux*, lorſqu'elles ſont compoſées de deux, de trois, ou de quatre, &c. poulies mobiles. Nous en déve-

lopperons les avantages dans l'expoſition des appareils ſuivans. Planche XIV.

PREMIER APPAREIL.

ON ſuſpend une corde à un point fixe F (Pl. XIV, fig. 1.); cette corde vient embraſſer la circonférence de la poulie mobile A, & retourne envelopper celle de la poulie fixe B. La puiſſance P eſt attachée à l'extrémité de cette corde & le fardeau R à la châſſe de la poulie mobile A. Pouliescompoſées d'une fixe & d'une mobile. Fig. 1.

USAGE de cet Appareil.

SI on conſidere la poſition relative du point d'appui, de la puiſſance & de la réſiſtance, on démontrera facilement que la poulie mobile A, fait ici l'office d'un lévier du ſecond genre, dans lequel la puiſſance eſt une fois plus éloignée du point d'appui que la réſiſtance, & conſéquemment qu'une puiſſance ſous-double doit contre-balancer une réſiſtance double. On voit en effet que dans cette diſpoſition de poulies, le point d'appui étant en F, il doit ſe rapporter à l'extrémité *a* du diamètre *ab* de la poulie mobile que la corde embraſſe: que la réſiſtance R, ſuſpendue à la châſſe de cette poulie, exerce toute ſon action ſur l'axe, ou ſur le centre de la même poulie;

Planche XIV. & qu'ainsi elle est éloignée du point d'appui à la distance de l'un des rayons de la poulie : enfin, que la puissance P, agissant par le moyen de la poulie fixe B, agit à l'extrémité du cordon qui embrasse cette derniere poulie, de même que si elle étoit appliquée à l'extrémité *b* du diamètre de la poulie mobile A, & que par conséquent elle est une fois plus éloignée du point d'appui que la résistance R. Cette résistance se trouve donc ici placée entre le point d'appui & la puissance, & conséquemment la poulie mobile A fait fonction d'un lévier du second genre. 2°. La puissance, dans cette position, est une fois plus éloignée du point d'appui que la résistance : une puissance comme 1 doit donc équilibrer une résistance comme 2, ou contre-balancer une résistance double.

Second Appareil.

Appareil composé de trois poulies mobiles qui se succedent dans trois châsses différentes. Fig. 2.

Au point fixe F (Pl. XIV, fig. 2) est attachée une corde qui embrasse la poulie inférieure A, & qui vient s'attacher en *a*, au crochet de la châsse de la seconde poulie B : du point G, part un second cordon qui embrasse cette derniere poulie & qui s'attache pareillement au crochet de la suivante C. Au point H enfin, est arrêté un troisieme cordon

qu'on ramene ſur la circonférence de cette derniere C, & qui vient enſuite envelopper la demi-circonférence de la poulie fixe D. La puiſſance P eſt ſuſpendue à l'extrémité de ce dernier cordon, & le fardeau R au crochet de la poulie A. Planche XIV.

USAGE de cet Appareil.

Cet appareil ſert à démontrer que toutes les poulies mobiles qui ſe ſuccedent ainſi, étant iſolées dans leur châſſe, ſont autant de léviers du ſecond genre, qui doublent continuellement l'avantage de la puiſſance ſur la réſiſtance. L'équilibre entre ces deux forces doit donc ſe déterminer par l'analogie ſuivante. La puiſſance P doit être à la réſiſtance R, comme l'unité eſt au nombre 2, élevé à une puiſſance dont l'expoſant eſt déſigné par le nombre des poulies mobiles: on aura donc équilibre dans la diſpoſition que nous venons de décrire, ſi la puiſſance P eſt à la réſiſtance R, comme 1 eſt à 8.

Si de toutes les poulies compoſées il n'en eſt point dont la diſpoſition ſoit plus avantageuſe à la puiſſance, on conçoit facilement que ce ſyſtême de poulies doit entraîner plus d'un inconvénient après lui.

N'y eût-il que le ſeul qui ſuit néceſſaire-

Planche XIV.

ment de cette disposition, savoir, que la poulie fixe D doit être portée à une hauteur très-considérable, lorsqu'il s'agit de faire monter très-haut le fardeau R, c'en seroit assez pour qu'on négligeât dans la pratique, comme on le fait effectivement, l'avantage de ce système de poulies. En effet, la puissance en gagne de force contre la résistance, qu'autant qu'elle fait plus de chemin que cette derniere, dans le même tems. Or, comme dans cette disposition, ou ce système de poulies, une puissance comme 1 est en état d'équilibrer une résistance comme 8, il s'ensuit que la puissance fait, dans le même tems, huit fois plus de chemin que la résistance: il faut donc, dans cette disposition, que la poulie fixe D soit élevée à une hauteur huit fois plus grande que celle à laquelle on se propose de faire monter le fardeau: or, si on doit élever celui-ci à une hauteur un peu considérable, on conçoit que cet appareil n'est point susceptible d'être commodément disposé. Le suivant est préférable, quoique moins avantageux.

Planche XIV.

TROISIEME APPAREIL.

Poulies mouflées à trois yeux. Fig. 3.

ACE (Pl. XIV, fig. 3) ſont trois poulies mobiles dont les diamètres vont en augmentant, & qui roulent toutes les trois dans une même châſſe. BDG, ſont trois autres poulies ſemblables, mais fixes & roulant pareillement dans la même châſſe. Vers le bas de cette derniere, on voit un crochet auquel on attache l'une des extrémités d'une corde qui doit ſucceſſivement embraſſer les ſix poulies dans l'ordre qui ſuit: A, B, C, D, E, G. Le fardeau R doit être ſuſpendu à la châſſe des poulies mobiles qui ſont elles-mêmes partie du fardeau; la puiſſance P eſt appliquée à l'autre extrémité de la corde.

USAGE de cet Appareil.

QUOIQUE chacune des poulies mobiles paroiſſe faire l'office d'un lévier du ſecond genre, de même eſpece que les précédentes, & conſéquemment, quoi que la puiſſance devroit trouver ici le même avantage que dans le ſyſtême précédent de poulies, il eſt cependant réellement moindre, & on démontre que pour atteindre à l'équilibre dans cette diſpoſition de poulies fixes & mobiles, la puiſſance doit être à la réſiſtance comme 1

Planche XIV. eſt à 6, ou en général comme l'unité eſt au nombre des cordes qui embraſſent les poulies mobiles.

En effet, ce ſyſtême de poulies différe du précédent, en ce que dans ce dernier chaque poulie eſt iſolée & ne porte que le fardeau ſuſpendu au-deſſous de ſa châſſe, & ce fardeau ſe diſtribuant également ſur les deux cordons qui l'embraſſent, ou ſur les deux parties de ce cordon, la puiſſance que l'on y emploie ne porte, ou ne ſoutient que la moitié du fardeau. Dans l'autre ſyſtême de poulies, au contraire, toutes les poulies mobiles ſont renfermées dans la même châſſe. Elles portent donc conjointement la totalité du fardeau qui ſe diſtribue uniformément & également ſur chaque partie du cordon qui les embraſſe. Or, dans la ſuppoſition actuelle, où le nombre de poulies mobiles eſt de trois, le fardeau ſe diſtribue ſur les ſix cordons qui les enveloppent; chaque cordon porte donc un ſixieme de la charge totale, & conſéquemment la puiſſance qui agit par l'un de ces cordons, porte elle-même un ſixieme de la charge. D'où l'on doit conclure que dans ce ſyſtême de poulies, comme dans tout autre de même eſpece, la puiſſance doit être à la réſiſtance, pour le cas d'équilibre, comme l'unité eſt au

nombre des cordes qui embraſſent les parties mobiles. Planche XIV.

QUATRIEME APPAREIL.

A & B (Pl. XIV, fig. 4.) ſont deux triples châſſes, dans chacune deſquelles roulent trois poulies de même diamètre. Celles de la châſſe A ſont fixes & les autres mobiles; la même corde embraſſe ſucceſſivement & dans le même ordre que dans l'appareil précédent, chacune des ſix poulies. Autre ſyſtême de poulies emouffées à trois yeux. Fig. 4.

USAGE de cet Appareil.

On démontre encore ici la même analogie pour le cas d'équilibre, & quoique dans la théorie, ou mieux dans l'état de préciſion, cet appareil n'ait rien de préférable au précédent, il eſt néanmoins plus commode dans la pratique, en ce que les cordes ſont moins ſuſceptibles de s'embaraſſer les unes dans les autres.

Il eſt encore d'autres manieres de diſpoſer des poulies; elles ſont plus ou moins avantageuſes relativement aux circonſtances, dans le détail deſquelles nous ne pouvons ſuppoſer qu'il ſoit néceſſaire de deſcendre. L'uſage & la conſidération de nombre de machines qu'on eſt à portée de voir tous les jours, doivent

Planche XIV. suffire à celui qui est imbu des principes généraux que nous venons de faire connoître.

Il est des circonstances où les cordes qui embrassent les poulies ne s'appuient point sur les extrémités du même diamètre. Dans ce cas la puissance n'agit qu'obliquement contre la résistance : elle ne profite point alors de l'avantage qu'elle pourroit tirer de la machine qu'elle emploie : elle perd une portion de sa force. On en trouve la preuve dans l'appareil suivant.

Cinquieme Appareil.

Appareil propre à faire observer le rapport des forces qui agissent obliquement par des poulies. Fig. 5.

AB (Pl. XIV, fig. 5.) est une potence sur la longueur de laquelle sont creusées deux rainures à jour *ab*, *cd*: dans l'une se meut un petit crochet *g*, qu'on fixe sur l'un des points de sa longueur par une vis de pression. Dans la seconde on arrête fixement la châsse d'une balance ordinaire CD, dont on supprime l'un des bassins. On attache à l'un des bras de cette balance, en C, par exemple, l'extrémité d'un cordon qui embrasse une poulie mobile E; on suspend à la châsse de cette poulie le fardeau R, l'autre extrémité du même cordon tient au crochet *g*.

USAGE de cet Appareil. Planche XIV.

ON voit manifeſtement par la ſeule diſpoſition de cette machine, que la poulie E fait l'office d'un lévier du ſecond genre, dans lequel le point d'appui eſt une fois plus éloigné de la puiſſance, qui eſt en C, que de la réſiſtance. Le poids P, y compris le poids du baſſin & des cordes, ou des chaînes qui le ſuſpendent, ne doit donc être que ſous-double du fardeau R & de la poulie E, pour leur faire équilibre, lorſque les cordons qui embraſſent cette poulie ſont parallèles & conſéquemment lorſqu'ils portent ſur les extrémités du même diamètre: mais cet équilibre ne ſubſiſtera plus, la puiſſance P ne ſera plus ſuffiſante, ſi on reporte le crochet *g* vers le point B, & ſi le cordon attaché au bras C devient oblique & porte ſur tout autre point, pris au-deſſous du précédent diamètre.

Cette expérience, qui démontre que l'action oblique de la puiſſance n'équivaut point à ſon action perpendiculaire, ne donne qu'une idée générale & inſuffiſante de cette théorie, qui demande la plus grande attention de la part du Mécanicien, & qui exige des connoiſſances géométriques, pour ſaiſir, comme il convient, ce que la puiſſance perd de ſa

Planche XIV. force, par l'obliquité de son action ; nous en avons donné une idée suffisante dans le second volume de nos Elémens, & on trouve une dissertation assez curieuse sur cet objet dans les Nouvelles de la République des Lettres pour 1687. Elle est de M. *de Varignon.*

ARTICLE CINQUIEME.

Des Appareils qui démontrent les propriétés du Tour.

LE TOUR n'est, à proprement parler, qu'un assemblage de poulies enfilées sur le même axe ; il conserve le nom de *tour*, ou on l'appelle plus communément *treuil*, lorsque son axe est parallèle à l'horizon. On le nomme *vindas* ou *cabestan*, lorsqu'il est perpendiculaire à l'horizon.

PREMIER APPAREIL.

Modele de Tour. Fig. 6. A (Pl. XIV, fig. 6.) est un treuil dont les pivots roulent dans les échancrures pratiquées au haut des deux montans R, T, solidement établis sur leur bâtis par des jambes de forces S, S, S, S. *da*, *da*, *da*, *da*, sont deux léviers qui traversent l'épaisseur du tour & qui se croisent.

USAGE de cet Appareil.

Planche XIV.

DESTINÉ à ſoulever & à faire monter des fardeaux, on fait mouvoir le tour de différentes manieres. A-t-il peu d'effort à faire ? on ſe contente d'y appliquer une manivelle CDE. Veut-on ſoulager la puiſſance, ou faire produire plus d'effort à cet inſtrument ? on y ajoute une ſeconde manivelle GFH. La maniere de diſpoſer cette derniere n'eſt point indifférente.

Un homme qui fait mouvoir une manivelle d'une certaine longueur, ne jouit point d'une même force dans tous les points de la circonférence qu'il lui fait décrire. Sa force eſt d'autant plus petite qu'elle puiſſe être, lorſque la manivelle a décrit la portion ſupérieure de cette circonférence & qu'elle répond à la hauteur de ſes épaules. Il n'a alors que l'effort de ſes muſcles à lui oppoſer ; mais dès l'inſtant qu'il commence à la faire deſcendre, le poids de ſoncorps vient à ſon ſecours & il agit avec tout l'avantage poſſible, lorſque la manivelle parvient à achever cette demi-circonférence. De-là on conçoit que ſi deux manivelles étoient appliquées dans le même ſens aux deux extrémités du tour, les deux hommes qui les feroient mouvoir, agiroient

Planche XIV. Fig. 3.

à la vérité très-avantageusement dans le même tems, lorsqu'ils décriroient la demi-circonférence, pendant laquelle les manivelles s'abaisseroient; mais aussi ils agiroient désavantageusement, dans le même tems, lorsqu'ils décriroient la demi-circonférence opposée. Dans ce cas, ils ne seroient peut-être pas en état l'un & l'autre de vaincre ou de soutenir le fardeau.

Nous ne discuterons point ici quelle est la meilleure maniere de disposer ces deux manivelles. Plusieurs Mécaniciens veulent qu'elles soient opposées à angles droits sur l'axe de l'arbre ou du tour: nous préférons de les opposer diamétralement & cela, par la seule raison que décrivant des circonférences contraires, tandis que la force de l'une des deux puissances s'affoiblira, celle de la puissance opposée s'accroîtra, & ainsi elles pourront, sans se fatiguer, employer constamment & favorablement la moitié de leur force totale.

Deux manivelles ne suffisent-elles point? on se sert de deux léviers croisés *da*, *da*, *da*, *da*, & on démontre que la puissance est à la résistance, pour le cas d'équilibre, comme le rayon du tour est à la longueur du bras CD, ou à la somme des deux bras CD, GF

ou

ou enfin à la longueur des léviers *da*, *da*, *da*, *da*. Planche XIV.

Second Appareil.

A (Pl. XIV, fig. 7.) eſt un tour ſemblable au précédent; il ſe meut de la même maniere ſur deux montans; il n'en différe que par la roue ST, adaptée à ſon axe à la place des manivelles ou des léviers dont nous venons de parler: la circonférence de cette roue eſt garnie de chevilles très-peu diſtantes les unes des autres. Modele d'une roue de cartieres. Fig. 7.

Usage de cet Appareil.

On conçoit aiſément que les hommes qui ſervent cette eſpece de machine, agiſſent ſucceſſivement ſur chacune des chevilles qui traverſent les jantes de la roue, & qu'ils y agiſſent d'autant plus favorablement que le diamètre de cette roue eſt plus grand. Mais une obſervation qui ne doit point échapper, c'eſt la maniere ſelon laquelle la puiſſance ſe trouve appliquée ſur ces chevilles; elle peut être perpendiculaire ou oblique à chacun des rayons de la roue; & ſon effet eſt bien différent dans ces deux cas. On en peut facilement juger par l'expérience que nous avons rapportée ci-deſſus en parlant des poulies. Comme

Planche XIV. ces sortes de machines sont destinées à tirer des pierres du fond des carrieres, il arrive souvent que la corde fait plusieurs tours sur le treuil A; ce qui augmente d'autant le diamètre du cylindre, & conséquemment fait perdre à la puissance une partie de l'avantage qu'elle trouvoit dans les premieres révolutions du treuil.

TROISIEME. APPAREIL.

Modele d'une roue à tambour. Fig. 8.

A (Pl. XIV, fig. 8.) est un treuil semblable aux précédens, mais auquel on applique une roue à tambour; cette roue est composée de deux *a b c*, *d e f*, enarbrées sur l'axe du treuil & réunies entre elles par des douves, qui forment une espece de plancher.

USAGE de cet Appareil.

L'USAGE de cet appareil se saisit aisément; un homme ou deux hommes, lorsque la roue est assez grande pour qu'ils puissent s'y tenir à côté l'un de l'autre, entrent dans cette roue & mettent à profit le poids de leur corps pour la faire tourner; ils marchent sur le plancher, & ils font continuellement effort pour monter vers l'axe.

Il est important, pour la commodité du service & en même tems pour la sûreté des

hommes qui agiſſent dans ces ſortes de machines, que le plancher ſoit couvert de diſtance en diſtance de petites tringles de bois qui aillent d'une roue à l'autre ; elles ſoutiennent les hommes, elles les empêchent de céder au mouvement de la roue & de gliſſer au moment où ils appuient leurs pieds ſur un plan qui céde à l'effort de leur poids. Planche XIV.

On doit obſerver ici que la puiſſance ne profite point de toute la longueur du rayon de ces ſortes de roues, & même que la diſtance à l'axe varie continuellement par la poſition des pieds de celui qui marche dans ces machines.

On doit encore ranger dans la même claſſe *la chèvre*, *la grue*, *le grueau*, *l'angin*, & quelques autres machines dont la conſtruction & l'uſage ſont trop connus pour nous occuper à les décrire ſéparément ; nous nous contenterons de les préſenter (Pl. XV, fig. 1, 2, 3, 4). Planche XV.

Le cabeſtan, dont la fonction eſt de faire avancer les fardeaux parallèlement ou obliquement à l'horizon, par l'addition d'un plan incliné, ne mérite point non plus un article à part : on voit aiſément à l'inſpection de la fig. 5, toute la conſtruction de Fig. 1, 2, 3 & 4. Fig. 1.

Planche XV. cette machine : elle ſuit la même analogie que les précédentes pour le cas d'équilibre.

Article Sixieme.

Des Appareils propres à démontrer les propriétés du Plan incliné.

Le plan incliné fait un angle plus ou moins aigu avec l'horizon, & c'eſt la grandeur de cet angle qui détermine l'avantage que la puiſſance tire du ſervice de cette machine.

Quoique la théorie du plan incliné doive être traitée géométriquement, on peut encore la démontrer juſqu'à un certain point par la voie de l'expérience.

Appareil.

Planche XVI. Appareil pour démontrer les propriétés du plan incliné. Fig. 1.

Af (Pl. XVI, fig. 1.) eſt une tablette qui ſe cale & qui ſe met de niveau par des vis placées ſous ſes quatre angles. Vers l'extrémité A de cette tabelette, on en voit une ſeconde OB, qui ſe meut à charniere ſur la premiere ; elle eſt échancrée vers le haut, pour gliſſer ſur l'arc *y*X, fixement aſſemblé ſur l'extrémité *f* de la tablette A *f*. On arrête celle qui eſt mobile ſur tous les points de l'arc *y*X, par une vis de preſſion *r*. *a* eſt une pe-

tite poulie montée dans une châſſe qui embraſſe l'arc *y*X, & qui s'y fixe au-deſſus de la tablette OB. Cette châſſe porte à ſon autre extrémité une ſeconde poulie ſemblable à la premiere, mais elle ſe trouve cachée par l'arc *y*X. Planche XVI.

Il convient que ces poulies ne ſoient point adhérentes au corps de la tablette OB, comme on le pratique aſſez habituellement : on ne pourroit alors faire agir la puiſſance que parallèlement au plan OB, & on ne pourroit comparer ſon action parallèle à ſon action oblique, comme on peut le faire facilement dans la diſpoſition de notre machine.

USAGE de cet Appareil.

ON démontre, à l'aide de cet appareil, que dans le cas d'équilibre, la puiſſance doit être à la réſiſtance, comme la hauteur du plan eſt à ſa longueur.

1°. On diſpoſe la tablette OB de maniere que la hauteur de ce plan ſoit ſous-double de ſa longueur, & on fait obſerver que la ſomme de deux poids égaux P, P, étant ſous-double de celle du fardeau R, ils tiennent ce dernier en équilibre ſur tous les points de la tablette OB.

2°. On change l'inclinaiſon de cette ta-

Planche XVI.

blette; on la porte en C, par exemple, afin de mettre une grande différence dans le précédent rapport entre la hauteur & la longueur du plan, on laisse les poids dans le même rapport & on voit que le fardeau R entraîne les poids P, P.

3°. On ramene cette même tablette en D, beaucoup au-dessous de la premiere élévation, les poids étant encore les mêmes, ils entraînent le fardeau R.

Quoique dans l'état de précision, le plus léger changement dans la hauteur de la tablette dût rompre l'équilibre entre le fardeau R & les poids P, P, on conçoit que le frottement qu'on ne peut éviter dans la construction de cette machine, ne permet pas qu'on puisse s'appercevoir de cette différence, à moi qu'elle ne soit très-sensible, & c'est pour cette raison que nous conseillons de prendre des hauteurs très-différentes entre elles.

Pour diminuer ce frottement, autant qu'il est possible, il ne faut point laisser traîner le fardeau R sur la longueur du plan O B, mais le monter dans une châsse & le disposer de maniere qu'il roule librement, comme on peut l'observer par la seule inspection de la figure.

Planche XVI.

ARTICLE SEPTIEME.

Des Appareils propres à démontrer les propriétés du Coin.

LE COIN peut être ſimple ou double : ſimple, il ne differe point du plan incliné & il produit le même avantage ; double, c'eſt un compoſé de deux coins ſimples, unis ſelon leur longueur. Les Mécaniciens ne ſont point d'accord ſur l'analogie de cette machine. Il faut donc avoir recours à l'expérience ; mais il faut convenir auſſi qu'elle eſt on ne peut plus délicate à faire, & qu'on ne peut trop ſe défier de ces appareils dans leſquels les frottemens ſe trouvent trop multipliés ; c'eſt un défaut que nous ne pouvons nous empêcher de reprocher à l'appareil décrit dans les Leçons de Phyſique de l'abbé *Nollet*, il ne peut qu'induire en erreur. Celui de *Muſchenbroek* eſt incomparablement meilleur, & c'eſt celui que nous allons faire connoître.

APPAREIL.

Appareil propre à démontrer les propriétés du coin. fig. 2.

OPR (Pl. XVI, fig. 2.) eſt un coin double dont on peut augmenter ou diminuer la baſe. H, V ſont deux cylindres dont les axes ſont

Planche XVI. ſaillans & qui ſont ſuſpendus par des cordes L, L, L, L. Ces deux cylindres ſont tirés l'un vers l'autre, ſelon une direction parallèle à l'horizon, par des cordes attachées à des brides fixées ſur les extrémités de ces cylindres, & qui paſſent enſuite l'une ſur la poulie *a*, & l'autre ſur la poulie *b*; il y en a deux ſemblables de l'autre côté qui produiſent le même effet. A ces cordes ſont ſuſpendus les poids X, X, ζ, ζ, c'eſt l'effort de ces poids qui oblige les cylindres à s'approcher. Au point Q, ſommet du coin, pend un baſſin dans lequel on met les poids néceſſaires pour que le coin puiſſe écarter les cylindres, s'inſinuer entre eux & y demeurer comme ſuſpendu.

Usage de cet Appareil.

On conçoit trop aiſément l'uſage de cet appareil pour inſiſter ſur cet objet; nous obſerverons ſeulement que pour produire l'effet qu'on attend de cette machine, il faut, pour tenir le coin en équilibre entre les deux cylindres, que le poids de ce coin & de ſa charge ſoit à la ſomme des poids X, X, ζ, ζ, comme la baſe du coin eſt au double de ſa longueur; ce qui s'accorde parfaitement avec la théorie-géométrique de cette machine. On pourra conſulter à cet égard, *le Cours de Phyſique de Muſchenbroek.*

Cette connoiſſance fournit au Phyſicien nombre d'obſervations à faire relativement à tous les inſtrumens tranchans, qu'on peut regarder comme autant de petits coins. Ces mêmes obſervations peuvent s'étendre à l'effet de certains poiſons, tels que le ſublimé corroſif, l'arſenic, l'eau-forte, &c. dont les parties acuminées forment des coins de différente eſpece. Les dents des animaux, le bec des oiſeaux, les ongles, &c. peuvent encore être rangés dans cette claſſe. Planche XVI.

Article Huitieme.

Des Appareils propres pour démontrer les propriétés des Vis.

La Vis en général, eſt un plan incliné roulé en forme d'hélice ſur la circonférence d'un cylindre; elle eſt reçue dans une autre vis creuſée ſur le pourtour d'un trou; cette derniere ſe nomme *écrou*. La théorie de cette machine tient à celle du plan incliné; nous n'avons encore aucun appareil qui puiſſe démontrer aſſez exactement l'analogie de la puiſſance comparée à la réſiſtance. Nous nous bornerons donc à faire obſerver, avec l'appareil ſuivant, que la vis eſt un véritable plan incliné.

Planche XVI.

PREMIER APPAREIL.

Développement de la vis. Fig. 3.

AB (Pl. XVI, fig. 3.) est un cylindre sur le contour duquel on mene un filet de vis *ab*, fait avec un morceau de parchemin.

USAGE de cet Appareil.

Si on développe ce filet, on voit qu'il forme un plan incliné *ab*C, dont la hauteur *a C* représente le pas de la vis, & la longueur *ab* le filet.

La vis étant donc un véritable plan incliné, l'analogie de celui-ci doit sans doute donner celle de la vis; mais il faut observer que la puissance, qui agit par le moyen d'une vis, n'est pas appliquée immédiatement sur la surface du cylindre que la vis enveloppe. Elle agit communément sur une tête qu'on pratique à l'extrémité de ce cylindre; & cette tête ayant un plus grand diamètre que celui du cylindre, elle fournit à la puissance un lévier qui l'éloigne d'autant plus de l'axe du cylindre, où se trouve le point d'appui. Souvent même cette tête est percée pour recevoir une cheville, par le moyen de laquelle la puissance agit; ce qui l'éloigne encore davantage du point d'appui. C'est ce qu'on remarque dans les vis qui servent à faire mouvoir les

mâchoires d'un étau, dans celles qu'on emploie pour faire agir les preſſes de toute eſpece. On doit penſer la même choſe de ces inſtrumens dont on ſe ſert habituellement pour monter ou démonter les vis, & qu'on appelle *tourne-vis.* Ils éloignent la puiſſance de l'axe du cylindre, ou du point d'appui. La puiſſance trouve donc dans une vis, qui n'eſt qu'un plan incliné, un avantage plus conſidérable que celui qu'elle peut attendre de cette derniere machine. Or voici l'analogie qui indique tout l'avantage que la puiſſance retire d'une vis de quelque maniere qu'elle la faſſe mouvoir. *La puiſſance doit être a la réſiſtance, pour le cas d'équilibre, comme la hauteur du pas de la vis eſt à la circonférence que décrit le lévier par lequel la puiſſance agit.* Planche XVI.

On connoît en Phyſique deux eſpeces particulieres de vis qui méritent bien un article à part, *la vis d'Archimède, & la vis ſans fin*: nous parlerons de cette derniere dans l'article ſuivant, dans lequel nous traiterons des machines compoſées.

Planche XVI.

SECOND APPAREIL.

Vis d'Archimède. Fig. 4.

AB (Pl. XVI, fig. 4.) eſt un tube de metal tourné en forme d'hélice ſur un cylindre *a b*, incliné à l'horizon. L'extrémité *b* de ce cylindre eſt terminée par un pivot qui roule dans une crapaudine attachée au fond du baſſin CD. L'autre extrémité du même cylindre ſe meut ſur le haut du pilier EF, perpendiculaire au baſſin : cette vis eſt menée par une manivelle G.

USAGE de cet Appareil.

On remplit d'eau le baſſin CD, & on fait tourner la vis dans le ſens qui convient pour que l'extrémité inférieure du canal puiſe & s'engorge d'eau ; cette eau paſſe enſuite d'hélices en hélices, à proportion que la vis tourne ; elle s'écoule enfin par l'extrémité ſupérieure de la vis, & elle tombe dans un réſervoir ménagé au-deſſous, ou dans le baſſin même.

Pour expliquer plus facilement de quelle maniere l'eau ſe porte vers le haut de cette vis, on a imaginé l'appareil ſuivant.

TROISIEME APPAREIL.

Planche XVI.

'A (Pl. XVI, fig. 5) eſt encore un cylindre, ſur la longueur duquel on a enveloppé un plan étroit & flexible AB, garni d'un petit rebord. Les révolutions de ce plan imitent les hélices du tube AB (fig. 4.); c'eſt encore une vis d'*Archimède*, mais dont les hélices ſont à jour. Le cylindre ſe meut ſur deux pivots qui roulent entre deux poupées CD, élevées verticalement ſur la tablette HI. Cette tablette, attachée par une charniere à une ſeconde NO, s'incline plus ou moins à l'horizon & ſe tient dans le degré d'inclinaiſon qu'on lui donne, par le moyen d'un valet K, qui s'appuie ſur les dents d'une crémaillere LM.

Autre vis d'Archimède. Fig. 5.

Fig. 4.

USAGE de cet Appareil.

ON introduit, ſur l'un des pas inférieurs de cette vis, une balle de métal dont le diamètre doit être plus petit que la hauteur de ce pas; on fait tourner la vis ſur ſon axe, & on voit la bille paſſer d'hélices en hélices & s'élever juſqu'au haut du cylindre.

Lorſqu'on examine avec attention la poſition ſucceſſive des hélices, on voit qu'elles forment autant de petits plans inclinés, ſur

Planche XVI. leſquels la bille roule continuement. Rien de plus ingénieux que cette machine, mais rien en même tems de plus borné que le ſervice qu'on peut en attendre. On ne peut, par ſon moyen, porter l'eau à une grande hauteur. Il faudroit pour cela donner une très-grande longueur au cylindre ſur lequel la vis ſe roule. Il ſeroit alors prodigieuſement chargé; il ſe courberoit ſous le poids du fardeau, & ſeroit bientôt hors de ſervice. En ſecond lieu, cette vis, lorſqu'elle eſt ſimple, ne dégorge que pendant un quart de ſa révolution, & conſéquemment on perd les trois-quarts du tems, pendant lequel on la fait agir. Si on la fait double, on gagne à la vérité; mais il y a toujours la moitié du tems perdu. Ceux qui voudront s'inſtruire plus particuliérement ſur la théorie de cette ingénieuſe machine, trouveront de quoi ſe ſatisfaire à cet égard dans un Ouvrage de M. *Pauſton*, intitulé, *Théorie de la vis d'Archimède*; ils verront même avec plaiſir l'idée ingénieuſe avec laquelle l'Auteur a voulu décompoſer cette machine pour en expliquer plus facilement les effets.

Planche XVI.

ARTICLE NEUVIEME.

Des Appareils propres à faire juger des effets des Machines compoſées.

NOUS ne donnerons ici que quelques exemples de ces ſortes de machines, qui ſe multiplient tous les jours & qui ne ſont qu'une combinaiſon des précédentes. Celles que nous choiſirons ſuffiront pour ſatisfaire la curioſité du Lecteur & le mettre à portée de juger des avantages qu'on peut attendre de toutes celles qu'il auroit à conſidérer.

PREMIER APPAREIL.

Multiplication des léviers.

A *a*, *cb*, *dC* (Pl. XVI, fig. 6.) ſont trois léviers du premier genre, mobiles ſur leurs axes *r*, *r*, *r*, & diſpoſés de maniere que chaque axe eſt quatre fois moins éloigné d'une des extrémités de ſon lévier, que de l'autre. Le lévier *cb* porte ſur les deux autres, de façon que l'extrémité A du premier venant à baiſſer, l'extrémité C du dernier s'éleve en ſens contraire. Les petits poids *o*, *o*, *o*, appliqués aux extrémités les plus courtes de chacun de ces léviers, ſervent à les tenir en équilibre avec eux-mêmes lorſqu'ils ne ſont point chargés. Fig. 6.

Planche XVI.

Usage de cet Appareil.

La disposition de ces léviers étant connue, on démontre qu'un poids P, d'une livre étant suspendu à l'extrémité A du premier lévier, tient en équilibre un poids R, de soixante-quatre livres, attaché à l'extrémité C du dernier. La puissance est donc ici à la résistance, comme le produit des plus courts bras, multipliés les uns par les autres, est au produit des plus longs, pareillement multipliés les uns par les autres, ou en raison composée des avantages qu'elle tire séparément de chacun des léviers qui entrent dans la construction de cette machine.

Roues dentées.

Les roues dentées ne sont encore qu'une multiplication de léviers du premier genre, comme il est facile de s'en assurer par le développement de l'appareil suivant.

Second Appareil.

Fig. 7.

Sur l'axe de la premiere roue A (Pl. XVI, fig. 7.) est fixé un treuil *a*, qui tourne conjointement avec cette roue. Celle-ci engraine dans le pignon *c* de la roue B, lequel est également fixé sur l'arbre de cette roue. Cette derniere engraine dans le pignon *d* de la troisieme C, qui n'est point dentée, mais faite

en

en forme de tambour, ſur lequel s'enveloppe un cordon ou une ſoie, à l'extrémité de laquelle on ſuſpend le petit poids P, pour faire l'office de puiſſance. Planche XVI.

USAGE de cet Appareil.

LA réſiſtance R étant attachée à l'extrémité d'une corde qui enveloppe la circonférence du treuil *a*, on conçoit aiſément que la premiere roue A fait l'office d'un treuil ordinaire, mené par une roue, tels que la roue de carrieres, la grue & pluſieurs autres machines de cette eſpece. On aura donc aiſément le rapport de la puiſſance à la réſiſtance, ſi on connoît celui qui ſe trouve entre le diamètre du treuil & celui de la roue A. Suppoſons que ce rapport ſoit comme celui de 1 à 4, une puiſſance comme 1 appliquée ſur chacune des dents de la roue A, tiendra en équilibre une réſiſtance comme 4, attachée au cordon qui enveloppe le treuil *a*. Les ailes du pignon *c* menées par la denture de la roue A, n'auront donc à ſupporter que le quart de l'effort total du fardeau R; par conſéquent ſi le diamètre de ce pignon eſt au diamètre de la roue B, dans le même rapport, ou mieux ſi les deux dentures ſont dans le rapport de 1 à 4, une puiſſance comme 1,

Planche XVI. tranſportée ſur les dents de la ſecond roue, tiendra en équilibre une réſiſtance R, comme 16. Le pignon *d*, de la troiſieme roue, ou du tambour C, ne ſera donc chargé que de la ſeizieme partie du fardeau R; & ſi on ſuppoſe que le même rapport ſubſiſte entre le diamètre du pignon *d* & celui du tambour C; une puiſſance P qui ne ſera que la 64e partie de la maſſe R, la tiendra en équilibre; ce qui s'accorde parfaitement avec la formule générale: *la puiſſance doit être à la réſiſtance, comme le produit du diamètre des pignons ou des lanternes, eſt au produit du diamètre des roues.*

La théorie des roues dentées conduit naturellement à parler des roues des voitures, de l'avantage que les grandes ont ſur les petites, qui leur ſont communément aſſociées. On trouvera cette théorie amplement développée dans le *Cours de Phyſique du D. Deſaguilliers*; on peut encore faire une application de cette même théorie, à la fuſée d'une montre, dont la figure cénoïdale entretient un tirage égal dans le premier moteur, quoique ſa force aille toujours en diminuant, à meſure que ce reſſort ſe développe.

TROISIEME APPAREIL.

Planche XVII.

LE CRIC eſt compoſé d'un lame dentée AK (Pl. XVII, fig. 1.), dont la tête A eſt ordinairement terminée par une eſpèce de fourchette. Les dents de cette lame engrainent avec les aîles d'un pignon B, fixé ſur l'arbre d'une roue dentée C. Les dents de cette roue engrainent avec les aîles d'un ſecond pignon D, ſur l'arbre duquel on monte une manivelle FE. Le Cric. Fig. 1.

USAGE de cet Appareil.

LE fardeau qu'on veut ſoulever étant appuyé ſur la tête A de la lame dentée AK, on fait tourner la manivelle dans le ſens qui convient pour élever la lame AK, & le fardeau monte. Or, on démontre que, dans le cas d'équilibre, la puiſſance doit être à la réſiſtance comme le produit des diamètres des pignons eſt au produit du diamètre de la roue, multiplié par la longueur du bras de la manivelle.

QUATRIEME APPAREIL.

SUR un même arbre ſont montés fixement le treuil *db* (Pl. XVII, fig. 2.) & la roue A; les dents de cette roue engrènent dans une Vis ſans fin. Fig. 2.

Planche XVII. eſpece particuliere de vis BC, qu'on nomme *vis ſans fin*, parce qu'elle tourne toujours dans le même ſens & qu'elle n'a point de repos. A l'extrémité D de l'arbre de cette vis, eſt adaptée la manivelle DE; le tout eſt établi & ſe meut ſur une châſſe ſurmontée d'un coq K.

USAGE de cet Appareil.

LA puiſſance appliquée à la manivelle E, & qui fait tourner la vis BC, fait tourner en même tems la roue A, & conſéquemment le treuil *ab*. La corde qui y eſt attachée, s'enveloppe donc ſur la circonférence de ce treuil, & le fardeau R s'éleve à proportion.

Il y a pluſieurs moyens de connoître & de démontrer l'avantage de cette machine: le plus ſimple eſt de la ramener au principe d'équilibre de *Deſcartes*, & de comparer l'eſpace que la puiſſance & la réſiſtance parcourent dans le même tems. Pour déterminer ce rapport, il ſuffit de connoître le diamètre du treuil *ab*, la longueur du bras de la manivelle, & le nombre de dents que porte la roue A.

Suppoſons que cette roue porte cent dents ſur ſa circonférence; que le treuil *ab* ſoit d'un pouce, & la longueur du bras de la

manivelle de 18 lignes. Cela poſé, conſidérons qu'à chaque révolution que fait la manivelle, ou la vis ſans fin qu'elle conduit, il ne déſengrène, ou il ne paſſe qu'une ſeule dent de la roue A. Il s'enſuit donc que la manivelle doit faire cent tours pour faire faire une révolution entiere à la roue A, & conſéquemment une révolution au treuil, mené par cette roue. Or, quel chemin font pendant ce tems la puiſſance & la réſiſtance? En prenant le rapport de 1 à 3, pour celui du diamètre à la circonférence d'un cercle, le treuil ayant un pouce de diamètre, la circonférence eſt de 3 pouces, & par conſéquent elle enveloppe 3 pouces de cordon; on fait monter le fardeau de 3 pouces à chaque révolution qu'on lui fait faire. Voilà le chemin de la réſiſtance. Planche XVII.

La puiſſance appliquée à l'extrémité d'une manivelle de 18 lignes de rayon, décrit à chaque révolution un cercle de 3 pouces de diamètre, & conſéquemment une circonférence de 9 pouces. Mais elle doit faire cent révolutions pour que le treuil en faſſe une: elle décrit donc 900 pouces de chemin, tandis que la réſiſtance n'en parcourt que 3. La puiſſance doit donc être ici, par rapport à la réſiſtance, dans le cas d'équilibre, comme

Planche XVII. 3 est à 900, ou comme 1 est à 300, en prenant le tiers des deux premieres sommes.

CINQUIEME APPAREIL.

La chèvre mouflée. Fig. 3. ABDCE (Pl. XVII, fig. 3.) est un treuil ordinaire, monté dans un chassis particulier & construit de maniere que la corde qui enveloppe le treuil, passant sur la circonférence de la poulie *c*, donne plus de facilité pour mouvoir & élever le fardeau de différentes manieres. F est une poulie mobile, à la châsse de laquelle on attache ce fardeau.

USAGE de cet Appareil.

ABSTRACTION faite de la poulie F, cet instrument, dont le service est très-familier dans les constructions, se nomme une *chèvre*, Planche XV. Fig. 1. (Pl. XV, fig. 1.); & ce n'est, à proprement parler, qu'un simple treuil. Conséquemment la puissance doit être à la résistance, pour le cas d'équilibre, comme le rayon du treuil est à la longueur des léviers croisés *ab*, *ab*, &c, mais par l'addition de la poulie mobile F, cette machine devient composée & se nomme *chèvre mouflée*, ou plus communément *chèvre d'artillerie*; & on démontre en conséquence des principes les mieux établis concernant les poulies mobiles, que la poulie F double l'effet de la puissance.

SIXIEME APPAREIL.

Planche XVII.

Machine compoſée de toute les machines ſimples Fig. 4.

DANS une cage ABCD (Pl. XVII, fig. 4.) on remarque un volant EF : il fait l'office d'un lévier du premier genre ou d'une balance ; au milieu de ce lévier eſt adaptée une eſpece de fuſeau GH, portant ſur ſa longueur une vis ſans fin H, qu'on peut conſidérer comme un coin. Cette vis engrène dans les dents de la roue K, qui repréſente un treuil conduit par une roue ; la corde qui embraſſe l'axe de la roue & qui s'enveloppe ſur le treuil, paſſe ſur la circonférence des poulies moufflées M N, & comme la vis ſans fin ne fait qu'imparfaitement l'office de plan incliné, puiſqu'elle n'a point de mouvement progreſſif, on ajoute à cette machine le plan incliné *r q*, RQ, ſur lequel on fait poſer le fardeau P, ſuſpendu à la châſſe des poulies mobiles *m, n*.

USAGE de cet Appareil.

CET appareil n'eſt que de pure curioſité ; il réunit toutes les machines ſimples en une ſeule machine compoſée, & ſert à démontrer que dans ce cas, l'avantage de la puiſſance ſur la réſiſtance eſt en raiſon compoſée de tous les avantages que chaque machine ſimple procure à la puiſſance.

Planche XVII. Il eût convenu, pour la plus grande exactitude, de n'employer ici qu'une ſeule poulie mobile, à la place des poulies moufflées MN; mais nous n'avons rien voulu changer à la machine du *D. Déſaguillers*, & nous l'avons décrite telle que ce célebre Phyſicien l'a imaginée.

Article Dixieme.

Deſcription d'un Appareil propre à démontrer les inconvéniens indiſpenſables dans le ſervice des cordes.

La néceſſité d'employer des cordes dans le ſervice de preſque toutes les machines, & la variété des obſtacles qu'elles oppoſent à la puiſſance, méritent une conſidération particuliere. On ne peut donc trop recommander à celui qui ſe propoſe de traiter de la Mécanique d'une maniere utile pour la pratique, d'avoir égard à cette nouvelle réſiſtance inévitable; il doit conſidérer avec ſoin,

Conſidérations importantes ſur la conſtruction des cordes.

1°. La conſtitution du chanvre; il eſt plus ou moins flexible, ſuivant la maniere ſelon laquelle il a été cardé.

2°. La quantité de tors qu'on donne aux filamens de ce chanvre pour en faire du fil.

3°. La maniere ſelon laquelle ces fils eux-mêmes ſont tors entre eux dans la fabrique de la corde, ce qui varie ſinguliérement la flexibilité d'une même eſpece de corde, faite avec le même nombre de fils. Planche XVII.

4°. La groſſeur de la corde qu'on ſe propoſe d'appliquer à une machine.

5°. Les accroiſſemens que la roideur d'une corde peut acquérir, à raiſon des poids qui la tendent.

6°. Le diamètre des poulies, ou des cylindres ſur leſquels elle doit ſe ployer.

Il ne doit point négliger encore de faire attention à quantité de circonſtances étrangeres, à la vérité, mais qui influent malgré cela plus ou moins ſur la réſiſtance qu'une corde peut faire éprouver.

1°. Elle réſiſtera davantage ſi elle eſt neuve, que ſi elle a déjà ſervi & que ſes fibres ſe ſoient alongées.

2°. Elle deviendra plus roide, ſi on la mouille.

3°. Expoſée à l'action du ſoleil, elle blanchira & elle deviendra plus flexible.

4°. Expoſée aux injures de l'air, elle deviendra plus roide & d'un plus mauvais ſervice.

La plupart de ces obſervations, toutes importantes dans la pratique, peuvent être con-

Planche XVII. firmées par l'expérience ; mais il ne faut pas toujours s'attendre que les réſultats ſeront conſtamment les mêmes, il y a tant de circonſtances qui influent ſur la qualité des cordes, qu'il n'eſt preſque pas poſſible que l'expérience juſtifie exactement la théorie.

APPAREIL.

Appareil propre à examiner les propriétés des cordes.

Fig. 5. SUR une tablette ſuffiſamment ſolide EF (Pl. XVII, fig. 5), s'élevent deux forts montans AB, CD, qui forment vers le haut deux eſpeces de potences réunies par une traverſe de fer. Aux extrémités de ces potences ſont implantés deux crochets de fer R, R.

P eſt une petite planche taillée en forme de parallélograme, & aux angles de laquelle ſont attachés quatre anneaux pour recevoir

Fig. 6. les crochets des cordes *ab, ab, ab, ab* (fig. 6) : ces cordes doivent être diſpoſées par paires, & on doit connoître les rapports entre les groſſeurs de ces cordes.

Fig. 5 & 7. *cd, cd, cd* (fig. 5 & 7), ſont des cylindres de bois ferme, de buis, par exemple, le cylindre *cd*, n°. 1, eſt uni & de même groſſeur dans toute ſa longueur. Le diamètre du cylindre *cd*, n°. 2, eſt double, mais il eſt réduit vers ſa partie moyenne, à la groſſeur du précédent. Le cylindre *cd*, n°. 3, eſt triple du

premier & pareillement réduit à la groſſeur de celui-ci vers ſon milieu. Planche XVII.

On réduit encore tous ces cylindres au même poids par l'addition des boules *c*, *d*, qu'on adapte aux extrémités de ceux dont les diamètres ſont plus petits.

Sur la partie moyenne de chacun de ces cylindres ſont attachées deux petites pointes en forme de crochets, mais elles ſont enchâſſées de maniere qu'elles n'excédent point la ſurface du cylindre.

USAGE de cet Appareil.

POUR connoître, 1°. l'effet que le tors produit ſur une corde, on choiſit un écheveau de fil bien uni; on en coupe pluſieurs brins de même longueur, on peut les ſuppoſer de même force, à très-peu de différence près: on ſuſpend chacun de ces brins & ſéparément à l'un des crochets R; on attache des poids à leur extrémité, juſqu'à ce que ces fils rompent: s'ils rompent ſous l'effort de différens poids, on choiſit un poids moyen entre ceux qu'on a employés pour les rompre, & ce poids exprime la force de ces fils. On prend alors pluſieurs brins qu'on réunit & qu'on tord plus ou moins; on ſuſpend cette eſpece de corde à l'un des crochets R, & on voit, en répétant

Planche XVII. l'expérience, qu'elle ne peut supporter, sans se rompre, la somme des poids que ces brins devroient supporter s'ils n'étoient point tors.

2°. On suspend successivement aux crochets R, R, différentes paires de cordes, qu'on attache aux angles de la planchette P (fig. 5.), & on la charge de poids suffisans pour tendre ces cordes. On les roule ensuite sur l'un des cylindres *cd*, *cd*, *cd* (fig. 7.), on enveloppe ces cylindres d'un ruban *ef*, accroché aux petites pointes dont nous avons parlé. Ce ruban est destiné à porter le bassin d'une balance: on charge successivement ce bassin pour qu'il entraîne le cylindre: il faut avoir soin sur-tout que les parties de ces cordes ne frottent point les unes contre les autres. Or, en procédant de la même maniere pour chaque paire de corde, & en changeant de cylindres, on observe,

Fig. 5.

Fig. 7.

1°. Que des cordes de différens diamètres, ayant à supporter le même degré de tension sur un même cylindre, font éprouver une résistance qui croît en raison directe du diamètre des cordes.

2°. Que les mêmes paires de cordes enveloppées successivement sur des cylindres de différens diamètres, font éprouver une résistance d'autant plus grande que les diamètres

de ces cylindres ſont plus petits, quoique cette réſiſtance ne ſuive pas, à beaucoup près, la raiſon inverſe du diamètre de ces cylindres. Planche XVII.

SECTION CINQUIEME.

Des Appareils néceſſaires pour les expériences de l'Hydroſtatique.

L'HYDROSTATIQUE traite de la preſſion & de l'équilibre des liqueurs de toutes eſpeces, *homogènes* ou *hétérogènes.* Elle traite encore de la preſſion & de l'équilibre des ſolides plongés dans les liquides. Nous ne comprendrons ici ſous le nom de liquides que ceux qui ne paroiſſent point ſuſceptibles de compreſſion, & nous diviſerons cette Section en cinq articles. Le premier traitera des appareils propres à démontrer les loix générales de la preſſion des liques de toute eſpece. Le ſecond aura pour objet les appareils avec leſquels on démontre les loix de l'équilibre entre des liqueurs homogènes. Le troiſieme fera connoître ceux dont on ſe ſert pour démontrer les loix particulieres de la preſſion & de l'équilibre des liqueurs hétérogènes. Le quatrieme expoſera les appareils néceſſaires pour examiner les loix de la preſſion & de

Diviſion de cette Section.

Planche XVIII. Cette expérience n'exige point absolument tant de précautions : je me contente d'un flacon ordinaire fermé avec un bouchon usé à l'émeril, & je m'exempte de faire le vide. L'erreur qui se trouve réellement dans mon résultat ne va pas à trois grains & doit être réputé zéro.

Soumis à l'action de la pesanteur, les liquides n'ont point, comme les solides, un centre commun de gravité, où l'effort de cette pesanteur se réunisse : leurs parties agissent & exercent leur pression indépendamment les unes des autres. Théorie importante à développer & qu'on peut confirmer avec l'appareil suivant.

Second Appareil.

Appareil fait pour démontrer que les parties des liquides exercent leur pression indépendamment les unes des autres. Fig. 2.

DO (Pl. XVIII, fig. 2) est un grand vaisseau de cristal fermé inférieurement par un fond de métal qui y est exactement mastiqué & qui porte une ouverture d'un pouce ou environ de diamètre. A cette ouverture est adaptée une douille de cuivre EF, bien cylindrique ou exactement calibrée dans son intérieur. Cette douille porte une vis intérieure en E, sur laquelle on monte le tube MN, muni d'une vis appropriée à celle de la douille & garnie d'un cuir gras sur son collet pour fermer

fermer exactement leur jonction. La partie extérieure de cette douille, eſt de deux à trois pouces de longueur. G eſt un piſton qui gliſſe graſſement dans ſon intérieur & qui eſt arrêté dans ſa chute par un petit cercle qui ſe viſſe au bas de la douille. Planche XVIII.

Le piſton G porte un anneau par lequel on le ſuſpend à un fil ou à une tige de métal qui s'attache en H au bras d'une balance H I, établie ſur un ſupport K L, fixement arrêté ſur la tablette A. Celle-ci eſt ſoutenue ſur trois pieds, dont la hauteur eſt telle que l'exmité F de la douille, arrive vers le fond du baſſin R.

Usage de cet Appareil.

On poſe la tablette A ſur le baſſin R de criſtal, ou de toute autre matiere; on monte le tube M N ſur la douille E F, & on place le piſton G au niveau du fond du vaiſſeau D O: on l'attache au bras H de la balance & on le contient dans cette poſition par un petit poids P, ſuſpendu au bras oppoſé I. On remplit d'eau le tube M N, juſqu'à ce que ce liquide ſoit arrivé à une hauteur ſuffiſante pour entraîner le poids P & pour vaincre le frottement du piſton. Suppoſons que cette hauteur ſoit déſignée par *ab*, on a ſoin de la

Planche XVIII. marquer sur le vaisseau DO, & on se sert assez commodément pour cela d'un petit morceau de papier mouillé qu'on colle sur un des points de la surface de ce vaisseau.

Cette premiere expérience faite, on supprime le tube MN; on replace le piston dans la même position, & on verse de l'eau dans le vaisseau DO. On remarque alors que le piston G ne cede à la pression de cette nouvelle masse d'eau que lorsqu'elle est parvenue à la même hauteur *c*: d'où l'on conclud que toute la masse d'eau n'agit point ici contre le piston, mais seulement la petite colonne, qui lui est perpendiculaire & qui repose dessus, & conséquemment que les parties des liquides agissent indépendamment les unes des autres.

Les liquides ont encore cette propriété, qu'ils exercent leur pression en toute sorte de sens; proposition importante en hydrostatique, & dont on peut constater la vérité par les appareils suivans.

TROISIEME APPAREIL.

Appareil propre à démontrer que les liquides exercent leur pression en tous sens.

Fig. 3. CDEF (Pl. XVIII, fig. 3.) est un tube de verre recourbé, & dont la planche CD est de beaucoup plus longue que la branche EF.

USAGE de cet Appareil. Planche XVIII.

CE tube étant plongé dans le vaiſſeau AB, rempli d'eau, on voit ce liquide parcourir les branches FE, ED, DC. L'eau ſe précipite dans la branche EF par l'effort de ſa propre peſanteur, en refoulant & en chaſſant l'air dont cette branche eſt naturellement remplie. En paſſant enſuite dans la branche ED, où elle eſt pouſſée par l'eau qui continue à affluer & à ſe précipiter dans la branche FE, elle preſſe & elle pouſſe devant elle la colonne d'air qui y eſt renfermée, & voilà un effet de ſa preſſion latérale. S'élevant enfin dans la branche CD, elle preſſe & elle pouſſe devant elle l'air dont cette branche eſt encore pleine, & c'eſt un effet ſenſible de ſa preſſion de bas en haut; mais il eſt important de bien remarquer que ces deux dernieres preſſions ne prouvent point que l'eau ait une tendance naturelle à preſſer latéralement & de bas en haut; car elles ſont l'une & l'autre l'effet d'une preſſion de haut en bas: elles ſont l'effet de la preſſion de l'eau, qui tend à deſcendre dans la branche EF, qui y deſcend & qui pouſſe devant elle la colonne d'eau qui s'y eſt déjà précipitée. On doit donc ſimplement conclure de cette expérience que, ſemblable à

Planche XVIII. tous les autres corps, les fluides ont une tendance naturelle vers le centre des graves; mais que l'effet de cette tendance a cela de particulier dans les liquides, qu'il se distribue uniformément & en toute sorte de sens.

QUATRIEME APPAREIL.

Appareil fait pour démontrer la pression latérale des liquides. Fig. 4.

AB (Pl. XVIII, fig. 4.) est un flacon de cristal percé latéralement en C; on adapte à cette ouverture un petit tube de cuivre.

USAGE de cet Appareil.

Le flacon étant rempli d'eau, on le bouche & l'eau demeure dans le flacon; ce qui dépend de la résistance que l'air extérieur oppose en C. On ouvre le flacon & on voit aussi-tôt l'eau jaillir par le tube & décrire une courbe parabolique; phénomène qui dépend de la pression latérale de l'eau & de l'action de la pesanteur qui la maîtrise à la sortie du tube.

CINQUIEME APPAREIL.

Appareil fait pour démontrer la pression que les liquides exercent de bas en haut Fig. 5.

AB (Pl. XVIII, fig. 5) est un grand vaisseau de cristal rempli d'eau. CD est un autre petit vaisseau ouvert à ses deux extrémités. On applique contre l'ouverture inférieure de ce dernier, une plaque de métal E, garnie

d'un cuir mouillé. Cette plaque eſt attachée à un fil *ab*. Le bord ſupérieur du cylindre eſt garni d'une virole qui porte deux oreilles F & G, ſuffiſamment longues pour s'appuyer de part & d'autre ſur les bords du vaiſſeau A B. Souvent on ſe contente de le tenir à la main. Planche XVIII.

Usage de cet Appareil.

On retient avec le fil *ab*, la plaque de métal E, contre l'ouverture du cylindre C D, & on le plonge dans le vaiſſeau A B. On fait repoſer les oreilles F & G ſur les bords du vaiſſeau, ou on le tient à la main. On abandonne le fil *ab*, & la plaque E demeure adhérente à l'orifice inférieur du vaiſſeau C D, nonobſtant l'effort de la peſanteur qui tend à l'en ſéparer & à la précipiter au fond du vaiſſau; ce qui prouve manifeſtement la preſſion de l'eau de bas en haut, ou l'effort que fait la colonne qui eſt au-deſſous de la plaque de métal E, pour s'élever à la hauteur des colonnes collatérales.

On conçoit aiſément, d'après la connoiſſance des propriétés que nous venons d'indiquer, que le fond d'un vaiſſeau quelconque ne peut être preſſé que par la ſeule colonne de liquide qui repoſe deſſus, & que cette

Planche XVIII. preſſion doit être d'autant plus grande, toutes choſes égales d'ailleurs, que la hauteur perpendiculaire de cette colonne eſt plus grande, ce qu'on démontre avec l'appareil ſuivant.

SIXIEME APPAREIL.

Appareil pour démontrer que la preſſion d'un liquide eſt en raiſon de ſa hauteur perpendiculaire, toutes choſes égales d'ailleurs.

A l'un de bras d'une balance A B (Pl. XVIII, fig. 6.) on ſuſpend un vaiſſeau de criſtal C, en partie rempli d'eau, ſuppoſons juſqu'en *ab*; on met ce vaiſſeau & la maſſe d'eau qu'il contienr en équilibre avec un contre-poids ſuffiſant P.

Fig. 6. D eſt un cylindre creux de métal, mais très-léger; on le fait communément de fer blanc verni. Ce cylindre eſt attaché à une tige E, qui s'éleve & qui s'abaiſſe ſur la longueur de la colonne G H; on le contient à une hauteur convenable par une vis de preſſion *e*.

USAGE de cet Appareil.

L'EFFORT de l'eau & du vaiſſeau C qui la contient étant déterminé par le contre-poids P, on dirige le cylindre D de maniere qu'il plonge dans la maſſe d'eau. A proportion qu'il s'y enfonce, il en déplace une plus grande maſſe qui reflue dans les colonnes collatérales & qui élevent d'autant la ſurface de ce liquide, ſuppoſons juſqu'en *c d*: il ne ſe fait

donc ici d'autre changement que dans la hauteur de l'eau, dont la quantité demeure toujours la même. Or, la preſſion contre le bras *B* de la balance devient proportionnellement plus grande. Planche XVIII.

Veut-on démontrer maintenant que cette augmentation de preſſion n'eſt pas dûe au poids du cylindre D, qui plonge dans l'eau, mais bien à la hauteur de l'eau au-deſſus du fond du vaiſſeau C ? on rétablit l'équilibre en ajoutant un nouveau poids : on remplit enſuite le cylindre D de menu plomb. Son poids peut alors devenir décuple; & malgré cela l'équilibre ſubſiſte, parce que la hauteur de l'eau demeure la même.

On démontre pareillement que la baſe du vaiſſeau étant plus large, elle porteroit un plus grand nombre de colonnes & conſéquemment qu'elle ſupporteroit, toutes choſes égales d'ailleurs, une plus grande preſſion. La preſſion des liquides ſur le fond des vaiſſeaux qui les contiennent, eſt donc en raiſon compoſée de la grandeur de la baſe & de la hauteur perpendiculaire, comme nous l'avons démontré dans le *ſecond volume de nos Elémens de Phyſique*, & comme on peut le confirmer avec l'appareil ſuivant.

Planche XIX.

SEPTIEME APPAREIL.

Appareil des vaſes de Paſchal. Fig. 1.

SUR les deux petits côtés d'une caiſſe AB (Pl. XIX, fig. 1.) s'élevent deux montans CD, CD, dans la largeur deſquels gliſſent à rainures & à languettes, les deux queues F, F d'une traverſe GH. Cette traverſe porte deux ſupports K, I, ſur le haut deſquels roulent les deux axes de deux romaines M, L. Ces romaines ſont terminées de part & d'autre par deux arcs-de-cercle, décrits du centre commun de leur mouvement.

La traverſe GH, eſt ouverte en *ef*, pour laiſſer paſſer un cordon dont les extrémités ſont attachées en *a* & *b*, & auquel on accroche le fil de laiton *cd*, dont nous parlerons dans un moment.

Vers le milieu de la caiſſe AB, eſt monté à vis un cylindre de cuivre NO, de ſix pouces de hauteur & de trois à quatre pouces de diamètre, ſuivant la groſſeur du vaſe cylindrique R.

Dans ce cylindre, qui doit être exactement calibré ſelon toute ſa hauteur intérieure, gliſſe un piſton P, fait de pluſieurs tranches de cuir bien arrondies & bien ſerrées entre deux platines de cuivre, un peu moins larges que les cuirs. Ce piſton doit gliſſer graſſement

dans ce cylindre & le remplir aſſez exactement pour ſceller l'eau. Je préfere actuellement de faire ce piſton en cuivre; mais il doit être recouvert d'un cuir gras. Planche XIX.

Pour retenir le piſton & l'empêcher de tomber dans la caiſſe, on viſſe au bas du cylindre NO, un fond ouvert à ſon centre, d'un trou de deux pouces ou environ de diamètre, pour que l'air ait la liberté de s'échapper lorſque le piſton deſcend. On monte pareillement à vis un cercle de cuivre dans l'intérieur & ſur le bord ſupérieur du cylindre NO, lorſque le piſton P, eſt en place. Ce cercle fait un rebord qui retient ce piſton & qui l'empêche, lorſqu'il s'éleve, de venir frapper contre le bord des vaiſſeaux de criſtal qui ſurmontent le cylindre.

R, S, T ſont trois vaiſſeaux de criſtal de formes & de capacités différentes, mais réduits vers le bas au même diamètre, par des viroles de cuivre qui y ſont maſtiquées.

Le premier R, eſt cylindrique & de même diamètre que le piſton P, qui lui ſert de baſe, lorſqu'il eſt monté ſur le cylindre NO. Le ſecond S, eſt extrêmement évaſé par le haut. Le troiſieme T, n'eſt qu'un tube d'un pouce ou environ de diamètre, mais élargi vers le bas par une virole de cuivre V, qui le ramene

Planche XIX. aux mêmes dimenſions que le précédent ; il eſt ſurmonté d'une eſpece d'entonnoir X, deſtiné à recevoir l'eau qui excéderoit les bords de ce vaiſſeau dans l'opération.

Ces trois vaiſſeaux ſe montent ſucceſſivement ſur le cylindre NO, & on a ſoin d'interpoſer un cuir mouillé dans leur jonction, pour fermer le paſſage à l'eau qui pourroit ſe filtrer par les vis & s'écouler.

Usage de cet Appareil.

1°. Le vaiſſeau cylindrique R, étant établi ſur la machine, on attache le piſton P, qui lui ſert de baſe, à l'une des extrémités de la tige de métal *cd*. On ſuſpend cette tige aux cordons qui ſont attachés aux romaines M, L ; on fait deſcendre le piſton P, dans le cylindre NO, juſqu'à ce que le deux bras *a*, *b*, de ces romaines ſoient totalement abaiſſés ; ce qui donne plus de jeu à ces balances, faites pour trébucher en ſens contraire pendant l'expérience. On remplit d'eau le vaiſſeau R, juſqu'à une hauteur connue & déſignée par une marque *g*, ſur la queue *dc* du piſton. On ſuſpend alors aux extrémités *h* & *i* des romaines, des poids *p*, *p*, qui ſoient ſuffiſans pour enlever le piſton P.

Abſtraction faite du frottement que ce

dernier éprouve lorſqu'il ſe meut dans le cylindre NO, frottement qu'on peut ſuppoſer le même dans tous les cas, on juge par ces poids de la preſſion de l'eau contre le fond du vaiſſeau R. Planche XIX.

2°. On ſubſtitue le vaiſſeau S au vaiſſeau R & on diſpoſe les romaines de la même maniere. On remplit d'eau ce vaiſſeau juſqu'à la même hauteur *g*; & quoique la maſſe d'eau ſoit quadruple & même ſouvent plus que quintuple de la précédente, ſuivant la capacité du vaiſſeau S & la hauteur *g*, les mêmes poids *p*, *p* ſuffiſent encore pour enlever le piſton & faire trébucher les romaines.

On doit obſerver ici que dès le moment où les romaines commencent à trébucher, leur mouvement accélére & qu'elles trébuchent bien plus promptement que dans le cas précédent; ce qui vient de ce que la hauteur de l'eau diminue au-deſſus du piſton P, à proportion que celui-ci s'éleve & que l'eau paſſe du cylindre NO, dans le vaiſſeau S, où elle prend plus de ſurface.

3°. On ſubſtitue le vaiſſeau T, & les choſes étant dans le même état que précédemment, il ne faut pas moins que les poids *p*, *p* pour enlever le piſton, quoique la maſſe d'eau ſoit incomparablement moins grande que dans le cas précédent.

Planche XIX. Il y a plus, comme l'eau qui passe du cylindre N O dans le tube T, acquiert une plus grande hauteur au-dessus du piston, on observe ici que les romaines trébuchent plus lentement que dans les deux premieres expériences, jusqu'à ce qu'elle se soit portée dans l'entonnoir X, où sa hauteur diminue, à cause de l'étendue de sa surface.

On saisira facilement la raison de ces phénomènes, si ont fait attention que dans la seconde expérience, il n'y a dans le vaisseau S que la colonne qui se présente à son ouverture inférieure qui agisse sur le piston, tandis que les autres qui l'enveloppent s'appuient sur les parois inclinées du vaisseau, & conséquemment que leur effort devient nul par rapport au piston. Or, la colonne qui se présente à l'ouverture de ce vaisseau est de même diamètre & de même hauteur que la colonne cylindrique qui étoit renfermée dans le premier vaisseau R; elle doit donc faire éprouver la même pression au piston.

En considérant pareillement le vaisseau T, dans lequel la seule colonne du milieu est de même hauteur que dans les deux précédens, on verra que la pression doit encore être la même contre le piston; par la raison que les colonnes collatérales qui communi-

quent avec celle du milieu, quoique beaucoup plus courtes que cette derniere, font le même effort contre le piſton que ſi elles avoient la même hauteur que celle-ci. En effet, la colonne du milieu exerce ſa preſſion & ſur la partie du fond qui lui répond, & ſur les colonnes qui l'enveloppent. L'effort qu'elle fait contre ces dernieres, tend à les élever à une hauteur égale à la ſienne, & les y éleveroit ſans la réſiſtance du fond de la virole V. Elles réagiſſent donc contre le piſton avec une force égale à celle avec laquelle elles agiroient contre lui ſi elles étoient de même hauteur que la colonne du milieu. Toutes enſemble elles exercent donc contre le piſton une preſſion ſemblable à celle qu'exerçoit précédemment la colonne cylindrique, compriſe dans le vaiſſeau R. Planche XIX.

Il ne faut pas ſe contenter de ſuſpendre aux romaines des poids qui ne ſoient que ſuffiſans pour enlever le piſton dans le premier cas. On conçoit facilement que ces trois expériences exigeant un certain tems, le piſton demeure pendant ce tems expoſé au contact de l'eau; il s'en imbibe peu-à-peu & ſon frottement augmente à proportion. On remédie, autant qu'il eſt poſſible, à cet inconvénient, en enduiſant bien avec de l'huile la ſurface du Obſervation ſur cette expérience.

Planche XIX.

piston ; mais malgré cette précaution, il faut toujours que les poids excédent d'une once ou deux ceux qui seroient strictement nécessaires, si le frottement demeuroit constamment le même pendant tout le tems de l'expérience.

Cette théorie, bien entendue, conduit à des applications importantes dans la pratique & fournit la solution du problême suivant. *Faire produire à une très-petite quantité d'eau, ou de tout autre liquide, le même effet qu'on pourroit attendre de plusieurs muids du même liquide.*

On doit appliquer encore la même théorie à la pression des liquides sur les parois latérales des vaisseaux, & faire voir qu'à raison de la différence dans la hauteur du liquide, sur tous les points correspondans de ces parois, elles ne portent point une même pression que la base de ces vaisseaux.

Si la pression d'un liquide, toutes choses égales d'ailleurs, augmente à raison de sa hauteur, on conçoit qu'un corps plongé dans un liquide, doit éprouver d'autant plus de pression, qu'il est plus profondément plongé ; théorie importante à développer, par la multitude d'applications qu'on peut en faire.

HUITIEME. APPAREIL.

Planche XIX.

Appareil fait pour démontrer que la preſſion contre un corps plongé augmente à raiſon de ſon immerſion.

C (Pl. XIX, fig. 2) eſt une petite veſſie au col de laquelle on lie fortement un tube de verre DE. Cette veſſie doit être remplie, ainſi qu'une portion du tube, d'une liqueur colorée, ſuppoſons juſqu'en *r*. AB eſt un grand vaiſſeau de criſtal d'un pied ou environ de profondeur & rempli d'eau. Fig. 2.

USAGE de cet Appareil.

EN plongeant la veſſie à une certaine profondeur, ſuppoſons juſqu'en F, elle éprouve une preſſion en tous ſens qui fait monter la liqueur dans le tube, & elle y monte à une hauteur d'autant plus grande qu'elle eſt plus profondément plongée. Il eſt nombre de phénomenes dépendans de cette preſſion en tous ſens, qui méritent d'être connus. En ſuppoſant toujours que les liquides ne cédent point à la compreſſion qu'on leur fait éprouver, on peut démontrer, par une expérience aſſez analogue, qu'un enfant, par exemple, renfermé dans le ſein de ſa mere, y eſt à l'abri, juſqu'à un certain point, de toute compreſſion extérieure, à raiſon des eaux dont il eſt enveloppé.

Planche XIX.

NEUVIEME APPAREIL.

Appareil fait pour démontrer qu'un corps renfermé dans un liquide y est à l'abri de toute compression extérieure.

Fig. 3.

V (Pl. XIX, fig. 3.) est un grand vaisseau cylindrique de métal, dans lequel on pose une vessie B, remplie d'eau, & dans laquelle on a renfermé un œuf ordinaire. C, est une planche épaisse, proportionnée à la capacité du vaisseau dans lequel elle doit se mouvoir avec liberté. Cette planche est surmontée de trois à quatre colonnes qui portent une seconde planche D, aussi épaisse que la premiere & suffisamment large pour qu'un homme puisse monter dessus & s'y tenir commodément.

USAGE de cet Appareil.

LES choses étant ainsi disposées, un homme monte sur la planche D, & conséquemment exerce une pression de plus de cent livres contre la vessie. Or, l'expérience démontre que l'œuf supporte, sans se casser, cette pression, qui se distribue uniformément en tous sens.

Planche XIX.

ARTICLE SECOND.

Des Appareils propres à démontrer les Loix de l'équilibre entre des liqueurs homogènes.

IL y a équilibre entre les colonnes d'une masse homogène liquide, lorsque toutes ces colonnes sont de même hauteur, & elles tendent toutes constamment à atteindre à cette égalité de hauteur, lors même qu'elles sont renfermées dans des vaisseaux communiquans, quelques éloignés qu'ils soient.

PREMIER APPAREIL.

Appareil des tubes communiquans. Fig. 4, 5 & 6.

SUR des planches verticales RS (Pl. XIX, fig. 4, 5 & 6.), sont attachés des tubes communiquans de même diamètre. Ces tubes ABC (fig. 4.) sont parallèles entre eux. L'un AB (fig. 5.) est vertical, & l'autre BC, oblique & incliné à l'horizon. Le troisieme AB (fig. 6.) est encore vertical, & son communiquant BC affecte différens contours.

USAGE de cet Appareil.

TOUTE liqueur versée dans l'un des trois tubes AB, passe & s'éleve dans le second BC,

Planche XX. & s'y éleve jusqu'à ce qu'elle soit arrivée à la même hauteur perpendiculaire.

SECOND APPAREIL.

Autre appareil des tubes communiquans. Fig. 1.

A (Pl. XX, fig. 1.) est un grand vaisseau de cristal, ouvert à ses deux extrémités. L'inférieure est cimentée dans une virole de cuivre V, qui se monte à vis sur un pied X, de même métal. A l'une des parties latérales de cette virole est soudé un tube de cuivre BC, ouvert en B, & qui communique avec la capacité du vaisseau A, & conséquemment établit une communication entre ce vaisseau & les différens tubes qu'on peut successivement monter sur la masse de cuivre C, creusée en forme de robinet. D est un robinet intermédiaire destiné à ouvrir, ou à fermer à volonté cette communication. G est une vis qui porte un collet revêtu d'un cuir gras; on supprime cette vis lorsqu'on veut évacuer les tubes, & on a soin de fermer alors le robinet D.

EF, HI, KL sont trois tubes; le premier cylindrique & droit, le second pareillement cylindrique, mais coudé vers le bas, pour qu'il puisse devenir oblique à l'horizon, & le troisieme formant différentes inflexions. Chacun de ces tubes porte quatre à cinq lignes de diamètre, & est monté dans une virole

de cuivre travaillée comme la clef d'un robinet & ajuſtée ſur la maſſe de cuivre C. Planche XX.

Usage de cet Appareil.

On monte d'abord ſur cet appareil le tube cylindrique & perpendiculaire EF; on remplit d'eau le vaiſſeau A, juſqu'à une hauteur donnée, ſuppoſons *ab*: on ouvre le robinet D, & on voit la liqueur s'élever dans le tube EF, & s'y élever juſqu'en o, niveau de *ab*. On ferme le robinet D; on ſupprime la vis G, & on évacue ce premier tube, pour ſubſtituer à ſa place le tube HI, cylindrique & coudé, de façon que ſa longueur HI devient oblique à l'horizon. Le robinet D étant encore ouvert, la liqueur s'éleve dans ce tube à la même hauteur perpendiculaire o. Ce ſecond tube évacué comme le précédent, on monte le tube KL; on répéte l'expérience & la hauteur de l'eau arrive encore en o.

Il paroît donc évident que, dans tous les vaiſſeaux communiquans quelconques, les liqueurs homogènes s'élevent à la même hauteur pour atteindre à leur équilibre, quelles que ſoient la capacité & la forme des vaiſſeaux qui communiquent entre eux, en ſuppoſant toutefois qu'il ne s'en trouve point quelques-uns parmi ces vaiſſeaux qui ſoient ca-

Planche XX. pillaires, ce qui feroit une exception à la loi générale de l'équilibre dont nous venons de parler : exception qui mérite la plus grande attention de la part du Phyſicien, & dont nous traiterons en particulier dans le dernier article de cette Section.

Obſervation importante ſur les effets des tubes communiquans.

On obſerve encore une exception, ou mieux un obſtacle qui s'oppoſe quelquefois à l'effet que nous venons de démontrer. Lorſque les vaiſſeaux qui communiquent avec le principal réſervoir, ſont longs & tortueux, il arrive ſouvent que pluſieurs petites maſſes d'air s'engorgent dans les courbures de ces vaiſſeaux & obſtruent leur capacité. Dans ce cas, l'eau ne peut s'élever à la même hauteur que dans le réſervoir ; & ſi ces vaiſſeaux ſont deſtinés à diſtribuer de l'eau dans d'autres réſervoirs, il arrive ſouvent que leur fonction eſt ſuſpendue, quoique le principal réſervoir ſoit rempli & en état de fournir à la dépenſe. C'eſt ce qui arrive à ces conduites d'eau qui rampent ſous terre, & qui par différentes inflexions portent de l'eau à des diſtances éloignées d'un baſſin dans un autre. On remédie à cet inconvénient en pratiquant des clefs de robinet ſur les courbures de ces vaiſſeaux, & en ouvrant ces clefs pour donner iſſue à l'air, dans les cas d'engorgemens. L'appareil

ſuivant repréſente aſſez ſenſiblement ce phé- Planche nomène. XX.

TROISIEME APPAREIL.

Appareil fait pour démontrer les engorgemens qui arrivent aux tuyaux de conduite. Fig. 2.

SUR une tablette AB (Pl. XX, fig. 2.), s'élevent deux montans CD, EF, entre leſquels on établit le tube de verre tortueux GHIK, de quatre à cinq lignes de diamètre, & ſur les courbures duquel on a pratiqué des ouvertures *b*, *b*, qu'on ferme exactement avec des bouchons de liége & de la cire molle. L eſt un petit réſervoir placé ſur l'extrémité de la tablette & deſtiné à recevoir l'eau qui doit s'évacuer par le bec *a* du tube.

USAGE de cet Appareil.

SI on verſe bruſquement de l'eau par l'orifice G, elle parcourra la longueur du tube; mais l'air dont il ſera rempli ne pouvant s'échapper entiérement par l'orifice *a*, il s'en ramaſſera des bulles ſur les courbures *b*, *b*, qui engorgeront ces eſpaces. L'eau ceſſera donc alors de couler par le bec *a*, & on la verra élevée au-deſſus du niveau K, dans le tube vertical G. Si on débouche les ouvertures *b*, *b*, l'air s'échappera, l'eau recommencera à couler en *a*, juſqu'à ce qu'elle ſoit deſcendue au niveau K; & ſi on continue à

Planche XX. verſer de l'eau par le canal G, elle coulera conſtamment & elle s'évacuera dans le réſervoir L.

ARTICLE TROISIEME.

Des Appareils propres à démontrer les loix particulieres de la preſſion & de l'équilibre des liqueurs hétérogènes.

On entend en Hydroſtatique par liqueurs hétérogènes, celles qui, à volume égal, peſent différemment, ou dont les peſanteurs ſpécifiques ſont différentes. De-là on conçoit que quelques hétérogènes que fuſſent deux liqueurs, quant à la conſtitution de leurs parties, ou a la différence de leurs principes, ſi elles avoient la même peſanteur ſpécifique, on ne les regarderoit point comme hétérogènes en Hydroſtatique. Or, ſi pluſieurs liqueurs hétérogènes ſont renfermées dans un même vaiſſeau & qu'on vienne à agiter ce vaſe pour les mêler & les combiner enſemble, la différence de leurs denſités ſuffira pour les ſéparer les unes des autres, en ſuppoſant toutefois qu'elles n'aient point une trop grande affinité pour ſe combiner, & elles reprendront chacune la place dûe à leur denſité reſpective.

PREMIER APPAREIL.

Planche XX.

AB (Pl. XX, fig. 3.) eſt une fiole cylindrique de ſept à huit pouces de hauteur, remplie en partie de quatre liqueurs; de mercure C, d'huile de tartre par défaillance D, d'eſprit-de-vin coloré ſur orſeille E, & d'huile de pétrole F. Je ſupprime communément le mercure, parce qu'il ſe gâte & qu'il ſalit en même tems les autres liqueurs. D'ailleurs deux liqueurs ſeules ſuffiroient pour démontrer la vérité qu'on ſe propoſe d'établir. Cette bouteille, ainſi préparée, eſt connue de tout tems en Phyſique, ſous le nom de *fiole des quatre élémens*. Fiole des quatre élémens. Fig. 3.

USAGE de cet Appareil.

SI on agite la fiole & ſi on mêle les liqueurs, il en réſultera une maſſe hétérogène & opaque. Si on poſe enſuite cette fiole ſur une table & qu'on l'y laiſſe en repos, les liqueurs ſe ſépareront & ſe placeront les unes au-deſſus des autres, dans l'ordre indiqué ci-deſſus.

Pour faire que des liqueurs qui ſeroient miſcibles puiſſent ſe ſéparer à raiſon de la différence de leur denſité, on ſe ſert de l'appareil ſuivant.

Planche XX.

SECOND APPAREIL.

Le passe-vin. Fig. 4.

A (Pl. XX, fig. 4.) est une espece d'ampoule qui peut contenir un verre de vin : cette ampoule est surmontée d'un canal C, gros comme une plume à écrire : il établit une communication entre l'ampoule A & la coupe B.

USAGE de cet Appareil.

ON remplit de vin l'ampoule A, jusqu'au milieu ou environ du canal C, on verse ensuite de l'eau dans la coupe B, & on laisse l'instrument en repos sur une table : l'eau se précipite progressivement & descend dans l'ampoule A, tandis que le vin s'éleve & se filtre à travers la masse d'eau qu'il vient recouvrir, jusqu'à ce que toute l'eau s'étant précipitée, elle ait fait remonter le vin renfermé dans l'ampoule A.

Quelqu'usitée que soit la forme de ce vaisseau, on peut faire l'expérience avec tout autre : il suffit que les deux liqueurs soient séparées l'une de l'autre & ne puissent communiquer ensemble que par un canal étroit. Elle réussira également avec le matras A (fig. 5.), dont la queue très-étroite sera suffisamment longue pour arriver au fond du vaisseau DE,

Fig. 5.

dans lequel on aura mis ſuffiſamment de vin pour remplir la boule A. Planche XX.

Elle réuſſit encore également lorſqu'on renverſe bruſquement une bouteille pleine d'eau, par le trou qu'on pratique communément ſur le ventre d'un poinçon. La bouteille ſe vide d'eau & ſe remplit de vin, mais il faut pour cela que le poinçon ſoit ſuffiſamment plein pour que le col de la bouteille plonge dedans.

On peut encore, lorſqu'on veut rendre cette expérience myſtérieuſe, renfermer l'ampoule qui contient le vin, dans une caiſſe AB (fig. 6); il ne paroît alors au-deſſus de la caiſſe qu'un petit vaſe, en forme de burette, rempli d'eau & on voit inſenſiblement cette eau ſe convertir en vin. Fig. 6.

Si les liqueurs ſpécifiquement moins peſantes ont une tendance à ſe ſéparer & à s'élever au-deſſus de celles qui ſont ſpécifiquement plus peſantes & qui ſont renfermées dans le même vaiſſeau, les premieres ne perdent rien pour cela de leur tendance vers le centre des graves. C'eſt un des paradoxes hydroſtatiques propoſés originairement par le célebre *Boyle*, & qu'on démontre facilement avec l'appareil ſuivant.

Planche XX.

TROISIEME APPAREIL.

Appareil pour démontrer qu'une liqueur plus légere pese sur une autre plus pesante. Fig. 7.

A (Pl. XX, fig. 7.) est un vaisseau de huit à dix pouces de hauteur, ouvert latéralement en C & communiquant avec le tube B D.

USAGE de cet Appareil.

ON verse dans le fond de ce vaisseau une liqueur d'une densité connue, de l'eau, par exemple, & on en verse suffisamment pour qu'il en passe dans le tube BD, supposons jusqu'en *a b*: on marque cette hauteur avec un fil. On verse ensuite par-dessus une seconde liqueur dont la pesanteur spécifique soit de beaucoup plus petite que celle de la premiere, de l'huile, par exemple; on voit alors l'eau qui s'éleve plus ou moins au-dessus de *b*, dans le tube communiquant; non cependant au point d'arriver au niveau de la seconde liqueur, parce que l'eau étant plus dense que l'huile, elle sera en équilibre avec la colonne mixte correspondante, lorsqu'elle sera parvenue à une hauteur moyenne, conformément aux loix de l'équilibre entre les liqueurs hétérogènes.

On démontre en effet, que si des liqueurs hétérogènes agissent les unes contre les autres,

dans des vaiſſeaux communiquans, elles ſe- Planche
ront en équilibre, lorſque leurs hauteurs per- XX.
pendiculaires ſeront en raiſon réciproque de leurs denſités.

QUATRIEME APPAREIL.

Appareil pour démontrer la loi de l'équilibre entre des liqueurs hétérogènes. Fig. 8.

P (Pl. XX, fig. 8.) eſt une tablette verticale, ſur laquelle on attache un ſyphon ABC, dont la longue branche AB porte environ quinze pouces de hauteur.

USAGE de cet Appareil.

ON ſait que la peſanteur ſpécifique du mercure, eſt à celle de l'eau dans le rapport de $13\frac{2}{3}$ à 1; & on ſe ſert communément de ces deux liqueurs pour que l'expérience ſoit plus ſenſible.

On verſe donc dans le ſyphon ABC, une quantité ſuffiſante de mercure, pour que ce liquide puiſſe s'élever dans les deux branches du ſyphon, juſqu'à la hauteur d'un demi-pouce, & dans cet état les deux petites colonnes de mercure ſont en équilibre. On verſe enſuite par l'orifice A, une quantité d'eau ſuffiſante pour que la colonne de ce dernier liquide s'éleve dans la branche AB, juſqu'à la hauteur de 13 pouces $\frac{2}{3}$; & on voit alors que toute la maſſe de mercure s'eſt portée

Planche XX. dans la branche BC, où elle est élevée à la hauteur d'un pouce, & les deux liqueurs sont en équilibre.

On s'est servi de ce principe, bien connu en Hydrostatique, pour évaluer les pesanteurs spécifiques de différentes liqueurs, & pour rendre ces sortes d'opérations plus faciles à manœuvrer, on a imaginé l'appareil suivant.

CINQUIEME APPAREIL.

Aréomètre à pompe. fig. 9. AB (Pl. XX, fig. 9.) est un soc sur lequel s'éleve verticalement la tablette CD. On remarque sur cette tablette deux gouttieres qui reçoivent la demi-épaisseur du syphon EFG, de quinze à dix-huit pouces de hauteur, dont la crosse F, est de métal. Sur la partie supérieure de cette crosse est adapté un petit canal taraudé, dans lequel on monte à vis la pompe de cuivre H, dont le piston ne peut être trop exact. On a soin d'interposer un cuir gras dans la jonction de la pompe & du canal qui la reçoit: les deux branches du syphon plongent dans deux petits vaisseaux de cristal I, L; la planche est divisée de chaque côté par pouces & par lignes.

Usage de cet Appareil. Planche XX.

On remplit de deux liqueurs de différente denſité, les vaiſſeaux I & L, & on les remplit juſqu'à une même hauteur indiquée par la ligne de niveau *ab*. On fait alors monter le piſton de la pompe. On raréfie donc également l'air compris dans les deux branches du ſyphon; l'air extérieur devient donc également prépondérant ſur la ſurface des deux liqueurs, & elles ſe portent l'une & l'autre dans les deux branches de ce ſyphon à des hauteurs réciproques à leurs denſités. Il faut avoir ſoin, pour plus grande exactitude, de remettre des liqueurs dans les vaiſſeaux I & L, & de les contenir remplis juſqu'au niveau *ab*.

Article Quatrieme.

Des Appareils propres à démontrer les loix de la preſſion & de l'équilibre des ſolides plongés dans les liquides.

Un ſolide peut être ſpécifiquement plus ou moins peſant que le liquide dans lequel il eſt plongé; il peut être quelquefois encore de même peſanteur ſpécifique. Dans le premier

Planche XXI.

PARAGRAPHE PREMIER.

Appareils propres à démontrer les loix de la pression & de l'équilibre des solides spécifiquement plus pesans que les liquides dans lesquels ils sont plongés.

POUR déterminer les loix de la pression & de l'équilibre des solides spécifiquement plus pesans que les liquides dans lesquels ils sont plongés, on se sert d'une balance particuliere connue sous le nom de *balance hydrostatique*, dont nous allons donner la description & à laquelle nous joindrons celle des appareils qui doivent l'accompagner.

PREMIER APPAREIL.

Balance hydrostatique. Fig. 2.

LE fléau AB (Pl. XXI, fig. 2.) ne differe en rien de celui d'une balance ordinaire; il doit être très-exact & très-mobile & avoir quatorze à seize pouces de longueur. Posé sur un coq C, on suspend à ses extrémités deux tiges de métal D, D, qui portent chacune un bassin de trois pouces ou environ de diamètre. Au dessous de chaque bassin sont deux anneaux ou deux crochets *a*, *a*, auxquels on attache des soies, ou mieux des crins pour y suspendre les corps qui doivent plonger dans l'eau.

Le

Le coq C est fixé sur une lame de cuivre FG, dentée sur sa longueur, en forme de crémaillière. Cette lame se meut sur une seconde HI, à l'aide d'un pignon K, qui engrène dans les dents de la crémaillière. On retient la lame en situation par un cliquet à ressort *a*; il entre dans des dents creusées sur le bord opposé de la lame, & il soutient tout l'effort que la balance peut faire pour descendre. Veut-on la faire mouvoir de haut en bas? on presse avec le doigt sur la queue du cliquet; on le désengrène & on fait mouvoir le pignon K en sens contraire. Le tout est porté sur un pied triangulaire LM, fixé sur un plateau de cuivre N, qu'on cale & qu'on met de niveau par trois vis qui le traversent & par le moyen d'un aplomb *c d*, dont la pointe doit répondre au centre de la platine N. Planche XXI.

La fleche ou l'aiguille O de la balance se meut devant un arc PQ, divisé en un certain nombre de degrés. Cette fleche, répondant à celui du milieu, indique que le fléau est dans une situation horizontale. Pour empêcher le fouet des tiges & que la balance ne vacille lorsqu'on fait mouvoir le pignon, la lame HI est arc-boutée contre une console qui fait l'office d'une jambe de force.

Planche XXI.

Dépendances de cet Appareil.

Dépendances de cet appareil.

On place au-dessous des bassins de cette balance, deux grands gobelets de cristal S, S (Pl. XXI, fig. 2.), destinés à contenir les liqueurs dans lesquelles on plonge les corps qu'on soumet aux expériences.

Fig. 2.

Fig. 3 & 4.

A & B (Pl. XXI, fig. 3 & 4.) sont deux supports faits en forme de champignons, portées sur des tiges suffisamment hautes & garnies de crochets auxquels on suspend plusieurs pieces dépendantes de la balance hydrostatique. Le support A porte plusieurs billes, deux sont d'ivoire, de même poids & de même volume; les quatre autres sont de cuivre, de fer, d'étain, de plomb; toutes de même poids que chacune des billes d'ivoire & conséquemment de différens volumes.

Le support B porte un cylindre de cuivre A, de trois pouces ou environ de hauteur, & d'un pouce de diamètre, surmonté d'un petit anneau qui sert à le suspendre au-dessous d'une caisse cylindrique C. Celle-ci doit être rodée avec le cylindre A, de façon que sa capacité intérieure réponde exactement & représente le volume de ce cylindre; elle est surmontée d'une anse & d'un crochet, pour être suspendue au-dessous de l'un des bassins de la balance (fig. 2.)

Fig. 2.

D est un poids de cuivre fait pour équilibrer le cylindre A & sa caisse C. E est une espece de petit seau de cuivre qu'on suspend sous différens poids, pour varier la valeur de ces poids, par le moyen de quelques grains de plomb qu'on y jette. Planche XXI.

CA (Pl. XXI, fig. 5.) est un cube de métal d'un pouce de face: il doit être fait avec la plus grande exactitude, pour répondre à l'usage auquel il est destiné. Fig. 5.

Ajoutez à ces appareils un poids de marc, une petite boîte remplie de grains, une pince à ressort pour prendre ces grains: elle est représentée (fig. 6), & une espece de burette de cristal A (fig. 7), pour verser de l'eau plus commodément dans quelques circonstances. Fig. 6. Fig. 7.

Usage de ces Appareils.

Veut-on démontrer qu'un solide plus pesant spécifiquement que le liquide dans lequel il est plongé, y perd une partie de son poids? on suspend les deux billes d'ivoire (fig. 3.) au-dessous des bassins de la balance; elles sont en équilibre dans l'air. On remplit d'eau ou de tout autre liquide, l'un des gobelets S (fig. 2.), & on dispose la balance de maniere que l'une des deux billes plonge Un corps plongé perd de son poids. Fig. 3. Fig. 2.

Planche XXI. dans l'eau, l'autre devient auſſi-tôt prépondérante. Veut-on connoître la perte que le corps plongé fait de ſon poids? on rappelle l'équilibre avec des poids de marc ou avec des grains dont on connoît la valeur.

Cette expérience prouve à la vérité qu'un corps ſpécifiquement plus peſant que le liquide dans lequel on le plonge, y perd une portion de ſon poids: elle prouve même, en rappelant l'équilibre, comme nous venons de l'indiquer, combien ce corps perd de ſon poids; mais cette derniere expérience ne nous indique pas en général ce qu'un corps plus peſant que le liquide dans lequel on le plonge, doit perdre de ſon poids par ſon immerſion; & c'eſt ſans contredit l'une des plus importantes queſtions à réſoudre en Hydroſtatique. Or il eſt facile de démontrer *qu'un corps de cette eſpece perd, par ſon immerſion, une quantité de poids égale au poids du volume de liquide dont il prend la place*; & voici comment on procéde à cet effet.

Il perd autant que peſe le volume de liquide qu'il déplace.

On ſuſpend, au-deſſous de l'un des baſſins de la balance, la petite caiſſe C (Pl. XXI, Fig. 4. fig. 4.), & au-deſſous de cette caiſſe le cylindre A. On les met l'une & l'autre en équilibre avec le contre-poids D. (Il ſeroit bon que ce contre-poids ne fût point exact &

qu'on fût obligé d'y ajouter le ſceau E & quelques grains de plomb.) Cela fait, on deſcend la balance au point de faire plonger dans l'eau la totalité du cylindre A; le contre-poids D devient prépondérant & on rétablit l'équilibre, en rempliſſant de la même eau le cylindre C. On ſe ſert pour cela de la burette A (fig. 7). Planche XXI. Fig. 7.

On peut déduire de ce principe nombre d'applications plus curieuſes les unes que les autres. Il s'enſuit 1°. qu'un même corps ſpécifiquement plus peſant que différens liquides dans leſquels on le plonge ſucceſſivement, doit y perdre différemment de ſon poids, & c'eſt un moyen très-exact pour connoître la peſanteur ſpécifique de ces liquides, théorie très-importante en Hydroſtatique. Applications de ce principe. Moyen de connoître la peſanteur ſpécifique des liquides.

On ſe ſert pour cela du cube A (Pl. XXI, fig. 5). Ce cube ayant un pouce de face, ſon volume eſt exactement d'un pouce cubique, & conſéquemment il déplace un pouce cube de la liqueur dans laquelle il eſt plongé. On connoît donc, dans chaque expérience qu'on répète, ce que peſe le pouce cube de cette liqueur, par les poids qu'on eſt obligé d'employer pour rappeler l'équilibre. Fig. 5.

Il eſt encore un moyen plus uſité, mais moins exact, pour connoître la peſanteur ſpé-

Planche XXI. cifique des liqueurs : nous en parlerons plus bas.

2°. Il ſuit du même principe que des corps de différentes denſités, mais réduits au même poids dans l'air, perdent différemment de leur poids, lorſqu'ils ſont plongés dans le même liquide, puiſqu'à raiſon de la différence de leur volume, ils déplacent des volumes inégaux. On le prouve très-bien en fig. 3. ſuſpendant l'une des billes d'ivoire (fig. 3), au-deſſous de l'un des baſſins de la balance; & en ſuſpendant ſucceſſivement ſous le baſſin oppoſé les billes de métal que nous avons ſuppoſés de même poids, & en les faiſant plonger de part & d'autre dans un même liquide, tel que l'eau : mais lorſqu'on veut connoître plus commodément la peſanteur ſpécifique d'un corps par rapport à l'eau pure, il ne s'agit que de connoître la différence de ſon poids peſé dans l'air & enſuite dans l'eau, & de diviſer après cela le poids de ce corps dans l'air, parce qu'il perd de ſon poids dans l'eau; autre théorie également importante en Hydroſtatique, & dont on a fait le plus d'uſage pour dreſſer des tables de peſanteur ſpécifique des ſolides. Ceux qui ſeront curieux de ſuivre un travail de ce genre, fait avec toute l'exactitude poſ-

Moyen de connoître la peſanteur ſpécifique des ſolides.

ſible, pourront conſulter le Cours de Phyſique expérimentale de *Muſchenbroek*. Planche XXI.

Il eſt cependant bon d'obſerver que cette méthode n'eſt pas mathématiquement exacte; puiſqu'on ne peut connoître préciſément le poids abſolu d'un corps, parce que l'air dans lequel il eſt naturellement plongé, lui fait perdre une portion plus ou moins ſenſible de ſon poids. Obſervation importante à ce ſujet.

SECOND APPAREIL.

AB (Pl. XXI, fig. 8.) eſt un fléau de balance romaine, dont le bras CB eſt taraudé ſur la longueur d'un pouce, afin de pouvoir faire avancer ou reculer la poulie *a*. On ſuſpend à cette poulie une groſſe boule D, de cuivre, mince & creuſe. P eſt une petite maſſe de plomb qui tient la boule D en équilibre dans l'air. Appareil fait pour démontrer qu'on ne peut connoître le poids abſolu d'un corps. Fig. 8.

USAGE de cet Appareil.

ON poſe cet appareil ſur la platine de la machine pneumatique, & on le recouvre du récipient R; tant que l'air du récipient eſt de même denſité que celui de l'atmoſphère, l'équilibre ſubſiſte; mais dès qu'on évacue l'air & qu'on diminue ſa denſité, on voit la balance trébucher, & la boule D devenir pré-

Planche XXI. pondérante: l'air dans lequel elle plonge lui fait donc perdre une partie de ſon poids abſolu.

Paragraphe Second.

Des Appareils propres à faire connoître les loix de la preſſion & de l'équilibre des ſolides ſpécifiquement moins peſans que le liquide dans lequel ils ſont plongés.

Un ſolide ſpécifiquement moins peſant que le liquide dans lequel il eſt plongé, ſurnage la ſurface de ce liquide, & la ſurnage d'autant plus qu'il eſt ſpécifiquement moins peſant. Or, on démontre que dans tous ces cas le ſolide s'enfonce dans le liquide, juſqu'à ce qu'il en ait déplacé un volume égal à la totalité de ſon poids.

Premier Appareil.

Appareil fait pour démontrer la quantité de liquide déplacée par l'immerſion d'un ſolide moins peſant.

AB (Pl. XXI, fig. 9.) eſt un vaiſſeau de criſtal qui communique avec le tube CD, de quatre à cinq lignes de groſſeur. E eſt un robinet deſtiné à évacuer l'eau des deux vaiſſeaux communiquans. F eſt une boule de métal mince & creuſe. Cette boule eſt d'environ trois pouces de diamètre, & doit être vernie.

Fig. 9.

Fig. 10. A (Pl. XXI, fig. 10.) eſt un petit vaiſſeau

de criſtal ſuffiſamment grand pour contenir un verre d'eau ; il doit être attaché à des cordons de maniere qu'on puiſſe le ſuſpendre à l'un des bras d'une balance. Planche XXI.

USAGE de cet Appareil.

ON ſuſpend le vaſe A (fig. 10) à l'un des baſſins de la balance hydroſtatique, & on le met en équilibre avec un contre-poids ſuffiſant. On verſe de l'eau dans le vaiſſeau AB (fig. 9.) juſqu'à une hauteur déterminée, ſuppoſons *a*. On marque cette hauteur avec un fil qui gliſſe ſur la longueur du tube communiquant CD. On fait alors plonger dans l'eau du grand vaiſſeau la boule F, elle ſurnage & elle s'enfonce d'une certaine quantité dans la maſſe d'eau qu'elle déplace en partie & qu'elle fait monter au-deſſus du fil, ſuppoſons juſqu'en *d*. On diſpoſe alors le vaſe A (fig. 10.) au-deſſous du robinet E, & on évacue le vaiſſeau AB, juſqu'à ce que la hauteur de l'eau ſoit deſcendue en *b*. On a donc alors dans le vaiſſeau A, toute la quantité d'eau déplacée par l'immerſion de la boule. Fig. 10. Fig. 9. Fig. 10.

On peſe enſuite cette petite maſſe d'eau contre la boule F, & on trouve que l'une & l'autre ſont en équilibre.

Planche XXI. C'eſt ſur ce principe, connu dès la plus haute antiquité, qu'eſt conſtruit l'*aréomètre*, inſtrument, on ne peut plus ingénieux pour meſurer la peſanteur ſpécifique des liquides. Nous ne nous occuperons point à décrire ici tous les changemens, toutes les modifications qu'on a fait ſubir à cet inſtrument, pour le ſouſtraire aux défauts eſſentiels qu'on lui a toujours reprochés. Nous nous bornerons à indiquer ſeulement les différences les plus ſenſibles qu'on a ſucceſſivement introduites dans ſa conſtruction.

Planche XXII.

Second Appareil.

Aréomètre d'Hypacie. Fig. 1. A (Pl. XXII, fig. 1.) eſt une boule de verre ſoufflée, ſurmontée d'un tube BC, gradué en parties égales ſur ſa longueur. D eſt une petite boule qui tient à la premiere par ſon prolongement, & dans laquelle on renferme une petite quantité de mercure, pour que le centre de gravité de l'inſtrument ſoit diſpoſé de maniere qu'il ſe tienne dans une ſituation verticale lorſqu'il eſt plongé. On obſerve ſeulement que la peſanteur ſpécifique de ce ſyſtême de corps ſoit de beaucoup moindre que celle de toute eſpece de liquide dans lequel il doit être plongé. AB (fig. 2.), Fig. 2. eſt un vaiſſeau de criſtal néceſſaire aux expé-

riences qu'on ſe propoſe de faire avec cet inſtrument. Planche XXII.

USAGE de cet Appareil.

ON remplit d'eau diſtillée le vaiſſeau AB, (fig. 2), & on plonge dedans l'aréomètre (fig. 1); il s'y enfonce juſqu'à ce qu'il ait déplacé un volume d'eau égal à la totalité de ſon poids. On marque alors zéro à l'endroit où la queue de l'inſtrument répond à la ſurface de l'eau.

On conçoit aiſément que ſi on plonge cet aréomètre dans toute autre eſpece de liquide ſpécifiquement plus peſant que l'eau, tel, par exemple, que dans de l'eau ſalée, de l'eau minérale, &c. il s'y enfoncera d'autant moins profondément que la peſanteur ſpécifique de ces derniers liquides ſera plus grande. On jugera donc de leur excès de peſanteur ſpécifique, par les degrés au-deſſous de zéro, qui ſe trouveront élevés au-deſſus de la ſurface de ces liquides. Par la raiſon contraire, ſi on tranſporte le même inſtrument dans des liquides ſpécifiquement moins peſans que l'eau, tels que différens vins, de l'eau-de-vie, de l'eſprit-de-vin, &c. il s'y enfoncera d'autant plus au-deſſus de zéro, que la peſanteur ſpécifique de ces liqueurs ſera moindre que celle de l'eau.

Planche XXII. Rien de plus ingénieux, à la vérité, que l'idée de cette machine; mais sa graduation étant arbitraire & son premier degré d'enfoncement étant dépendant du poids absolu de l'instrument, on ne peut en faire deux qui soient comparables entre eux, & conséquemment ces sortes d'appareils ne peuvent remplir exactement leur destination; ils peuvent tout au plus indiquer que la pesanteur spécifique d'une liqueur est plus ou moins grande que celle d'une autre liqueur.

Défauts de cet instrument.

C'est donc ici qu'il convient de faire mention des travaux de plusieurs célebres Physiciens qui se sont occupés de la rectification de cet appareil.

Parmi ceux qui se sont distingués en ce genre de travail, nous n'en connoissons point qui s'y soit pris d'une maniere plus industrieuse que *Farenheit*. Si son procédé étoit plus simple & qu'on ne fût point obligé de faire plusieurs calculs qui ne sont point à la portée de tout le monde, & particuliérement de la plus grande partie de ceux qui sont les plus intéressés à la perfection de cet instrument, il est constant qu'on pourroit regarder celui de cet Artiste comme autant parfait qu'il puisse être.

TROISIEME APPAREIL.

Planche XXII.

Aréomètre de Farenheit. Fig. 3.

A (Pl. XXII, fig. 3.) eſt une groſſe boule de verre ſoufflée & très-mince, ſurmontée d'une tige C D, d'un pouce ou environ de longueur. On voit au-deſſus de cette tige, une eſpece de baſſin E, deſtiné à recevoir différens poids. Au-deſſous de la boule A on en voit une ſeconde B, dans laquelle on renferme du mercure pour produire le même effet que dans l'aréomètre précédent.

USAGE de cet Appareil.

ON plonge d'abord cet aréomètre dans une liqueur extrêmement légere, dans de l'eſprit-de-vin le plus rectifié. Cet inſtrument doit être leſté au point de s'enfoncer dans cette liqueur juſqu'aux deux tiers ou aux trois quarts de la longueur de ſa tige; ſuppoſons juſqu'en *a*; on fait une marque à cet endroit, & l'inſtrument eſt gradué.

Veut-on maintenant connoître la peſanteur ſpécifique des liqueurs plus peſantes que cet eſprit-de-vin? on le plonge ſucceſſivement dans ces liqueurs, & il s'y enfonce d'autant moins au-deſſous du point *a*, que ces liqueurs ſont ſpécifiquement plus peſantes. On charge donc alors le baſſin E de poids, &

Planche XXII. on le charge jusqu'à ce que l'immersion de l'instrument arrive précisément au point *a*, & on juge, par la quantité de poids qu'on emploie à cet effet, de la pesanteur spécifique de la liqueur qu'on éprouve, comparée à celle de l'esprit-de-vin dont on s'est servi pour graduer l'aréomètre.

Quelqu'exacte que paroisse cette méthode, elle n'est pas exempte de défauts, ou au moins de quelques inconvéniens & c'est une observation qui ne doit point échapper au Physicien.

Muschenbroek suit, à peu de chose près, le même principe que *Farenheit*, dans la construction de son aréomètre, dont le poids doit varier d'une quantité connue, pour que son service soit plus étendu, & cet appareil tout-à-fait ingénieux mérite de trouver une place distinguée dans un Cabinet de Physique.

QUATRIEME APPAREIL.

Aréomètre de Muschenbroek. Fig. 4. LE globe A (Pl. XXII fig. 4.) doit être fait de similor ; il est creux, mince & fort léger. On adapte à la partie inférieure de ce globe un fil de cuivre BC, taraudé en C, pour recevoir successivement les poids P, R, Q. DE est un cylindre creux de cuivre, divisé en quarante parties égales.

Planche XXII.

Usage de cet Appareil.

Cet inſtrument doit être conſtruit de maniere qu'étant chargé d'un poids P, qui tient le milieu entre les deux autres, & étant plongé dans l'eau de pluie, il puiſſe deſcendre juſqu'en E, & qu'il deſcende en D, ſi on le plonge dans un autre liquide qui peſe quarante grains de plus qu'un pareil volume d'eau de pluie. D'où il ſuit que ſi on le plonge dans différens liquides, ſuivant qu'il s'y enfoncera plus ou moins profondément, on pourra, à l'aide de l'échelle graduée ſur la tige de cet inſtrument, juger de leur peſanteur ſpécifique qui ſe trouvera déterminée par des grains.

Si on ſubſtitue le petit poids R à la place de P, l'inſtrument étant plongé dans l'eſprit-de-vin s'enfoncera juſqu'en E & ſervira à déterminer la peſanteur ſpécifique des liqueurs qui tiennent le milieu entre l'eſprit-de-vin & l'eau de pluie. Le troiſieme poids Q, plus peſant que les deux précédens, étant adapté à l'extrémité de la queue BC, rendra cet aréomètre propre à déterminer la peſanteur ſpcifique des ſaumures, des eaux minérales, &c.

Quelqu'exact que paroiſſe cet aréomètre, il n'eſt point exempt de défauts. *Muſchenbroek*

Planche XXII. lui-même ne le regarde pas comme absolument parfait. Il en convient de bonne foi dans son Cours de Physique expérimentale. La force attractive de la boule de métal dont il est composé contre les liqueurs dans lesquelles on le plonge, & qui varie singulièrement suivant les qualités de ces liqueurs, n'est pas un de ses moindres défauts. L'impossibilité de l'employer lorsqu'il s'agit de la pesanteur spécifique de communes liqueurs corrosives qui pourroient attaquer le métal, en est encore un autre défaut essentiel auquel on ne peut le soustraire.

Il est d'autres aréomètres moins imparfaits que les précédens, qui ne répondent cependant pas encore au but qu'on se propose d'atteindre dans la construction de ces sortes d'instrumens. Ceux-ci, malgré cela, méritent nos éloges, & sont dignes d'être connus. Ils ont même l'avantage d'avoir obtenu les suffrages de plusieurs savantes Académies auxquelles ils ont été présentés. Ce sont ceux de MM. *Raiz de Lanthenée*, *Poncelet*, *Poujet*, *Bories*, & plus particulièrement encore celui de M. *Baumé*, auquel il paroît qu'on a donné la préférence, & parce qu'il est assez exact, & parce que sa construction n'exige que des attentions dont tout

tout le monde eſt ſuſceptible. La méthode Planche
ſelon laquelle cet inſtrument eſt gradué eſt XXII.
auſſi ſimple qu'ingénieuſe. La denſité de l'eau diſtillée fait le premier terme de ſon échelle, & ſa graduation eſt continuée avec la même eau, dont on augmente la denſité d'une quantité connue, par l'addition progreſſive d'une quantité de ſel marin, qu'on fait fondre dans cette eau. Il faut lire le détail de cette opération dans les élémens de Pharmacie de ce célebre Chimiſte.

La méthode dont l'Abbé *Poncelet* s'eſt ſervi pour tracer l'échelle de ſon aréomètre, eſt également induſtrieuſe, moins exacte cependant que celle de M. *Baumé*. La conſtruction, la forme de ſon inſtrument ne differe point de la forme ordinaire de ces ſortes d'inſtrumens; & il paroît même que tous les Phyſiciens demeurent conſtamment attachés à cette forme.

Il prend pour les deux extrêmes de ſon échelle les deux enfoncemens que préſente ſon aréomètre, lorſqu'il eſt plongé dans l'eau diſtillée & dans l'eſprit-de-vin rectifié ſelon ſa méthode, qu'il regarde comme la plus parfaite, & qu'il expoſe fort au long dans un Mémoire couronné en 1771 par l'Académie de Montpellier.

Planche XXII.

Ses degrés intermédiaires sont pris d'après des mélanges faits d'eau distillée & de son esprit-de-vin, selon des proportions graduées qu'il indique. Quelqu'exacte que paroisse au premier aspect la méthode de cet ingénieux Physicien, elle est sujette à des inconvéniens qu'on ne peut éviter, & que M. *Bories* a très-bien exposés dans un Mémoire pareillement couronné à l'Académie de Montpellier en 1772. On ne peut douter, dit l'Auteur de ce savant Mémoire, qu'il ne se fasse dans ces mélanges une véritable dissolution, si l'on considere, soit la tendance réciproque des parties de l'une & de l'autre liqueur, soit l'adhérence qu'elles contractent en se mélant; soit enfin l'effervescence qu'elles éprouvent avec chaleur & frémissement. D'ailleurs, continue M. *Bories*, les propriétés des mixtes qui participent des principes composans, & la combinaison parfaite après le repos, achevent la démonstration.

Un des phénomènes les plus intéressans que présente cette combinaison & qui est commun à quelques dissolutions, c'est la pesanteur spécifique plus grande que les proportions du mélange ne l'indiquent. D'où il suit que le volume du mélange est toujours moindre que la somme des deux avant la combinaison, &

cette perte de volume eſt différente ſelon la proportion des ingrédiens. Il faut donc, conclut M. *Bories*, connoître le degré de pénétration, ſi on veut déterminer au juſte les proportions de l'eau à l'eſprit-de-vin dans les liqueurs compoſées de ces deux principes. Planche XXII.

C'eſt en conſéquence de cette obſervation, très-juſte & très-exacte, que M. *Bories* crut devoir mettre quelque différence entre ſes procédés & ceux de l'Abbé *Poncelet*, & qu'il conſtruiſit un nouvel aréomètre approuvé par l'Académie de Montpellier, & dont il faut lire la deſcription & l'uſage dans le Mémoire de ce célebre Phyſicien. On lira encore avec plaiſir un Mémoire également ſavant & curieux de M. *Pouget*, qui partagea, en 1771, avec M. *Poncelet*, la palme académique. La méthode de M. *Pouget* eſt, à peu de choſe près, la même que celle de M. *Bories*. Auſſi l'Auteur rend-il, à la fin de ſon Mémoire, le juſte tribut d'éloges qu'il doit à ce dernier, ſur les travaux qu'ils ont fait en commun relativement à cet objet.

Planche XXII.

Article. Cinquieme

Des Appareils nécessaires pour représenter les phénomènes des tubes capillaires.

Nous avons fait observer précédemment que toute liqueur homogène renfermée dans des vaisseaux communiquans, s'élevoit à la même hauteur perpendiculaire dans les uns & dans les autres. Cette loi générale souffre une exception, lorsque parmi ces vaisseaux il s'en trouve quelques-uns qui sont capillaires, c'est-à-dire, dont la capacité est extrêmement petite. La liqueur s'éleve alors au-dessus du niveau; & elle s'y éleve d'autant plus haut, que ces vaisseaux sont plus capillaires. La forme des vaisseaux n'influe en rien sur ces phénomènes. Les appareils suivans serviront à constater ce qu'il est important de connoître à cet égard.

Appareils.

Differens appareils de vaisseaux capillaires.

Fig. 5.

ABC (Pl. XXII, fig. 5) sont deux tubes qui communiquent entre eux & dont l'un BC est supposé capillaire. Il convient d'en avoir plusieurs de cette forme & de différente capacité.

Fig. 6.

AB (fig. 6) est un tube capillaire de huit à dix pouces de hauteur, ouvert à ses

deux extrémités. C eſt un verre qu'on remplit en partie d'une liqueur colorée ; on ſe ſert aſſez comunément d'eau colorée ſur l'orſeil. Planche XXII.

AB (fig. 7.) ſont deux lames de verre ou de glace de cinq à ſix pouces de longueur, un pouce de largeur & ſéparées l'une de l'autre par un petit morceau de carte poſée entre l'une & l'autre. CD eſt un verre de criſtal rempli d'une liqueur colorée. Fig. 7.

X (fig. 8.) eſt un aſſemblage de trois à quatre tubes capillaires réunis par des fils de métal *rs*, *rs* tournés ſur chacun de ces tubes qui ſont tous de différens diamètres. Fig. 8.

AB (fig. 9.) eſt un grand vaiſſeau de criſtal de huit à dix pouces de longueur & d'un pouce ou environ de diamètre. CD eſt un très-grand tube capillaire d'un pied de longueur, autour duquel on attache quatre fils, l'un en *a*, le ſecond en *c*, où ils ſont fixement arrêtés ; les deux autres *b* & *d* ſont mobiles. Fig. 9.

AB (figure 10.) eſt une planchette de cuivre de trois à quatre pouces de longueur & de ſept à huit lignes de largeur, graduée en parties égales ſur ſa longueur. GD, EF, ſont deux tubes capillaires attachés ſur cette planche de maniere qu'ils excédent ſon bord inférieur de quelques lignes. La planche Fig. 10.

Planche XXII. AB est montée à vis sur une tige de métal GH, qui glisse de haut en bas dans une boîte à cuir I, établie sur le haut du récipient KL. O est un petit vaisseau de cristal qu'on établit sur la platine de la machine pneumatique.

Fig. 11. AB (fig. 11.) est un tube capillaire composé de deux tubes de différens diamètres, soudés l'un à l'autre en C.

Usage de ces Appareils.

1°. Si on verse une liqueur colorée dans
Fig. 5. le gros tube AB (fig. 5), elle s'élévera dans le tube communiquant BC & elle s'y élévera à une certaine hauteur au-dessus du niveau *ab*, supposons *c*.

2°. On observera le même effet, si on
Fig. 6. plonge le tube AB (fig. 6.) dans le verre C, qui fait ici l'office du gros tube communiquant précédent; la liqueur s'élevera au-dessus du niveau *bc*, à une hauteur plus ou moins considérable, supposons jusqu'en *a*.

3°. Le même phénomène se fera observer dans tout espace capillaire quelconque, ce qu'on prouve en plongeant les deux lames de
Fig. 7. verre AB (fig. 7.) dans le verre CD; on voit encore la liqueur s'élever au-dessus du niveau *ab*, & monter, par exemple, jusqu'en *cd*.

Comme il eſt rare que la liqueur s'éleve parallèlement à elle-même entre des glaces de cette eſpece, pluſieurs Phyſiciens ont cru qu'elle affectoit une courbe particuliere. Quelques-uns même ſe ſont occupés à calculer les élémens de cette courbe. M *Mazeas* eſt un de ceux qui ſe ſoit le plus particuliérement occupé de cet objet; mais il eſt probable qu'on s'eſt occupé trop promptement de ce travail, & qu'on remarquera, ſi on examine ce phénomène avec plus d'attention, que cette courbure ne dépend que de la maniere de tenir les glaces & de les ſerrer inégalement ſur différens points de leurs ſurfaces. Planche XXII.

Nous laiſſons encore à ceux qui feront ces ſortes d'expériences, le ſoin de déterminer les hauteurs variées auxquelles s'élevent les liqueurs différentes dans un même tube.

Nous obſerverons en général que les liqueurs les moins denſes & ſpiritueuſes s'élevent moins haut que les liqueurs plus denſes & aqueuſes, & ces différences ſont très-ſenſibles.

4°. Pour démontrer qu'une liqueur donnée s'éleve d'autant plus haut au-deſſus du niveau, que l'eſpace dans lequel elle s'éleve eſt plus capillaire, on fait uſage de l'appareil X, (fig. 8.), & on voit qu'elle eſt progreſſive- Fig. 8.

Planche XXII. ment plus élevée, à proportion que la colonne de liqueur eſt plus grêle.

Un phénomène qu'on ne doit point négliger d'obſerver en cette circonſtance, c'eſt que ſi on retire cet aſſemblage de tubes du vaiſſeau dans lequel ils ſont plongés, les colonnes de liqueur obéiſſent à l'action de la peſanteur qui les maîtriſe; elles ſe précipitent de haut en bas; mais il en reſte encore malgré cela dans chaque tube, autant qu'il y en avoit au-deſſus du niveau pendant le temps de l'immerſion.

Le ſuivant mérite encore l'attention du Fig. 9. Phyſicien; ſi on plonge le tube CD (fig. 9.), dans le vaiſſeau AB, qui doit être rempli de liqueur colorée & qu'on le plonge d'abord à une petite profondeur, juſqu'au premier fil *a*, par exemple, la liqueur s'élévera à une hauteur donnée au-deſſus du niveau *a*, ſuppoſons juſqu'en *b*; on marquera cette hauteur avec un des fils mobiles. Si on plonge enſuite ce tube beaucoup plus profondément, ſuppoſons juſqu'en *c*, & qu'on marque encore la hauteur à laquelle cette liqueur s'élévera dans cette ſeconde immerſion, on verra que ces deux hauteurs *ab* & *cd*, ſeront parfaitement égales, en ſuppoſant toutefois que le tube ſera exactement de même calibre dans toute ſa longueur.

On obſervera les mêmes phénomènes en plongeant ces tubes dans toute eſpece de liqueur quelconque, avec les différences que nous avons indiquées précédemment. Le mercure néanmoins fait une exception à cette regle générale : on obſerve en effet qu'il ſe tient au-deſſous du niveau dans les tubes capillaires, & qu'il s'y tient d'autant plus bas que ces tubes ſont plus capillaires, ce qu'on démontre facilement en faiſant uſage de tubes communiquans ſemblables à ceux que nous avons repréſentés (fig. 5.). Planche XXII. Fig. 5.

Diverſité d'hypothèſes pour expliquer ces phénomènes.

L'explication de ces phénomenes a occupé pendant long-tems les recherches des plus célebres Phyſiciens. On trouvera ſur-tout dans un Ouvrage de *M. Hauxbée*, intitulé, *expériences Phyſico-Mathématiques, &c.* remis au jour par les ſoins de *M. Deſmarets*, & auquel il a ajouté quantité de notes & de remarques très-curieuſes ; on y trouvera, dis-je, une expoſition très-bien faite de toutes les hypothèſes qu'on a imaginées juſqu'à ce jour, pour rendre raiſon de ces phénomènes : on y verra que toutes ces hypothèſes ſe rapportent à trois principales, dont elles ne ſont toutes que des modifications particulieres. Nous nous bornerons à en donner une légere idée, que nous avons développée

Planche XXII.

assez amplement dans le *second volume de nos Elémens de Physique*.

Hypothèse du P. Fabri.

La premiere est celle du Pere *Fabri*, qui faisoit dépendre ces phénomenes de l'inégale pression de l'air, lequel agissoit, suivant lui, moins fortement sur la colonne de liqueur élevée dans le tube, que sur les colonnes collatérales & extérieures.

Nous ne nous occuperons point à réfuter cette hypothèse, que nous ne pouvons nous empêcher de regarder comme très-ingénieuse & très-mécanique, mais nous observerons seulement que si on fait usage de l'appareil que nous avons décrit (fig. 10.), on verra que les phénomènes des tubes capillaires se font remarquer avec la même intensité dans le vide qu'en plein air.

Fig. 10.

Pour cet effet, on éleve la lame de cuivre AB jusqu'au haut du récipient KL; on pose le vaisseau O sur la platine de la machine pneumatique; on le recouvre du récipient KL, & on fait descendre la tige jusqu'à ce que les tubes CD, EF plongent dans la liqueur du vaisseau O jusqu'au niveau de la lame AB. On remarque, à l'aide de l'échelle gravée sur cette lame, la hauteur à laquelle la liqueur s'éleve au-dessus du niveau. Cela fait, on enleve une seconde fois la lame AB; on fait le

vide auſſi parfaitement qu'il eſt poſſible de le faire, on replonge enſuite les tubes juſqu'à la même profondeur que précédemment, & on voit que la liqueur s'éleve à la même hauteur. Planche XXII.

On ſe ſert ici de deux tubes, parce qu'il arrive quelquefois qu'il reſte quelques bulles d'air dans un tube, ſoumis de cette manière à l'épreuve du vide : ce qui rend l'expérience défectueuſe & oblige à la recommencer. Il eſt plus difficile que cet accident arrive en même tems à deux tubes.

Hypothèſe de Voſſius.

La ſeconde hypothèſe, auſſi ingénieuſe & mécanique que la précédente, fut imaginée par *Voſſius* : il prétendit que la colonne de liqueur qui s'éleve dans un tube capillaire contracte une adhérence avec les parois intérieures de ce tube, & conſéquemment qu'elle ſe trouve ſoutenue en partie, ce qui rend les colonnes collatérales prépondérantes : or, c'eſt à cette prépondérance qu'il attribue l'excès d'élévation que la liqueur affecte au-deſſus du niveau.

M. Carré fut un des plus célebres partiſans de cette hypothèſe, qu'il crut confirmer complétement en faiſant voir que ce phénomène n'avoit point lieu lorſque les parois intérieures de ces tubes étoient enduites de

Planche XXII.

matieres graſſes qui s'oppoſoient à l'adhérence de la liqueur. Il fit à ce ſujet nombre d'expériences qu'il varia de différentes manieres & qu'on répete avec plaiſir ; il ne faut pour cela que quelques tubes capillaires, quelques matieres graſſes coulantes & un peu d'adreſſe.

Malgré cette derniere preuve, contre laquelle il ſeroit facile de donner une raiſon ſuffiſante, l'obſervation que nous avons indiquée précédemment, en parlant de l'uſage de l'appareil décrit (figure 9.), ſuffiroit ſeule pour faire voir que l'élévation de la liqueur au-deſſus du niveau ne dépend point, ou au moins n'eſt point proportionnelle à la prépondérance des colonnes collatérales. Veut-on une nouvelle expérience plus déciſive encore ? la voici

Fig. 9.

Fig. 12.

Plongez un tube capillaire AB (fig. 12), dans une maſſe de liqueur, & meſurez à quelle hauteur cette liqueur s'y éleve au-deſſus du niveau ; évacuez ce tube exactement, en le ſecouant & en le ſuçant même s'il eſt néceſſaire ; tenez-le dans une ſituation inclinée à l'horizon, comme il eſt repréſenté par la figure. Dans cet état, laiſſez tomber ſur la longueur du tube quelques gouttes de liqueur colorée, elles gliſſeront ſur ſa ſurface comme ſur un plan incliné ; & parvenues au bas du

tube, vous les verrez remonter contre l'effort de leur peſanteur, ſe porter dans l'intérieur du tube & y demeurer ſuſpendues à la même hauteur à laquelle la liqueur s'éleve au-deſſus du niveau dans ce tube, lorſqu'il eſt plongé verticalement. Or, on ne peut attribuer cet effet à la prépondérance des colonnes collatérales. Planche XXII.

Hypothèſe des Attractionnaires.

La troiſieme hypothèſe fait dépendre ces phénomènes de l'attraction de cohéſion : c'eſt ſans contredit la mieux fondée de toutes celles qu'on a imaginées juſqu'à préſent. Mais de quelle maniere l'attraction produit-elle cet effet ? C'eſt ce que nous ne déciderons point ici.

Hauxbée & quelques autres, attribuent ce phénomene à l'attraction totale du tube. Or, on démontre facilement que l'effet ne ſeroit point proportionel à ſa cauſe.

Jurin n'admet que *l'attraction de périphérie*, hypothèſe très-ingénieuſe & que ſon célebre Auteur croit confirmer par ce qu'on obſerve lorſqu'on fait uſage de tubes capillaires de différens diamètres dans leur longueur, tel que le tube ACB (fig. 11.). Fig. 11.

Un tube de cette eſpece étant plongé par ſon plus grand diamètre, la liqueur s'y éleve d'une quantité donnée que nous exprimerons

Planche XXII. par *ab*. Plongé par ſon plus petit diamètre, elle s'éleve davantage; ſuppoſons de la quantité *cd*. Ces deux hauteurs bien déſignées, ſi on replonge le même tube par ſon grand diamètre & que l'immerſion ſe faſſe juſqu'à la commiſſure C des deux tubes, la liqueur s'élancera dans le plus petit, & elle s'y élévera à une hauteur égale à *dc*. Le contraire arrivera ſi on répete l'expérience en ſens contraire. Plongé par ſon plus petit diamètre, elle s'élévera conſtamment à une hauteur égale *dc*; mais ſi on le plonge juſqu'à la commiſſure C, la liqueur s'élevant dans la partie élargie du tube, elle diminuera de hauteur, & elle ſe réduira à la hauteur *ab*.

Cette ingénieuſe hypothèſe ne ſatisfit point le célebre *Wittbrecht*; il y en ſubſtitua une autre non moins ingénieuſe, aſſez difficile cependant à ſaiſir, mais qui n'eſt pas moins expoſée que celle du *D. Jurin*, à des difficultés inſurmontables. M. *de la Fond* en a donné une idée ſuffiſante dans le ſecond volume de ſes Elémens. Ceux qui ſeront curieux de la voir développée d'une maniere beaucoup plus étendue & qui la met dans tout ſon jour, pourront conſulter les Mémoires de l'Académie de Pétersbourg, ou

l'Ouvrage de M. *Hauxbée*, traduit en fran- Planche
çois par M. *Deſmarets*. XXII.

Un mécaniſme bien plus ſimple, plus analogue au génie de la Nature, l'attraction, dépouillée de toutes ces modifications étrangeres qu'on a voulu lui faire ſubir, c'eſt celui que M. *de la Lande* publia en 1768, dans le Journal des Savans, & dont M. *de la Fond* a donné un précis dans le ſecond volume de ſes Elémens. Si l'opinion de l'Auteur ne nous découvre point ici le véritable ſecret de la Nature, on ne peut lui refuſer la gloire de nous avoir fourni le moyen d'expliquer d'une maniere beaucoup plus ſimple & beaucoup plus ſatisfaiſante les phénomènes des tubes capillaires. On trouve cet excellent Mémoire dans une petite brochure extraite du Journal des Savans, & qu'on vend à part chez M. *Deſſaint*.

Planche XXII.

SECTION SIXIEME.

Des Appareils néceſſaires pour démontrer les propriétés de l'eau.

Diviſion de cette Section.

ON conſidere l'eau en Phyſique, ſous trois états différens; ſous la forme de liqueur, de vapeurs, ou de glace; ce qui fournira la matiere des trois articles ſuivans.

ARTICLE PREMIER.

Des Appareils faits pour démontrer les propriétés de l'eau, conſidérée comme liqueur.

CONSIDÉRÉE comme liqueur, l'eau ſe préſente à nos recherches ſous deux états particuliers, comme élémentaire ou comme mixte; nous ne la conſidérerons point ici ſous ce premier point de vue, parce qu'il eſt très-difficile, pour ne pas dire impoſſible, de ſe procurer de l'eau élémentaire dégagée de toute ſubſtance étrangere: on la regarde cependant comme telle lorſqu'elle a été diſ-diſtillée pluſieurs fois avec ſoin, & qu'elle a été rectifiée

rectifiée avec toute l'exactitude qu'on peut apporter à ces ſortes d'opérations. Mais il s'en faut encore de beaucoup qu'elle ſoit totalement dépouillée de toutes les parties hétérogènes qu'elle recelle habituellement dans ſon ſein ; & c'eſt au défaut d'une eau plus pure & plus rapprochée de ſon état élémentaire, que les Chimiſtes ſont obligés de s'en tenir à celle que nous venons d'indiquer. D'ailleurs ce que nous avons dit au commencement de cet Ouvrage, ſur les appareils néceſſaires pour obtenir les principes des mixtes & ſur la diſtillation, doit ſuffire à ceux qui voudront obtenir de l'eau autant pure qu'il ſoit poſſible de ſe la procurer : nous ne la conſidérerons donc que comme mixte. Planche XXIII.

On diviſe l'eau en ſix eſpeces particulieres qui ſont, 1°. l'eau de pluie, avec laquelle on confond celle qui provient de la fonte de la neige & de la grêle : 2°. l'eau de fontaine : 3°. l'eau des lacs & des marais : 4°. l'eau de riviere : 5°. l'eau de puits : 6°. l'eau de mer ; cette derniere eſt impotable par rapport à ſa ſalure & à ſon amertume qui lui donne un goût nauſéabonde. Parmi les différens moyens qu'on a imaginés en différens tems pour la purifier & pour lui faire perdre ce mauvais

Planche XXIII.

goût, il n'en eſt point de préférable à la diſtillation, & l'on ne peut trop féliciter M. *Poiſſonnier* d'avoir imaginé une machine pour pratiquer cette opération ſur mer, nonobſtant le *roulis* & les autres mouvemens auxquels un vaiſſeau eſt expoſé. On trouvera la deſcription de cette ingénieuſe machine dans les Mémoires de l'Académie des Sciences, ou dans le troiſieme volume de la Chimie de M. *Baumé*. Elle a encore l'avantage de produire beaucoup d'eau diſtillée à peu de frais; puiſqu'une barrique de charbon peut fournir ſept barriques d'eau douce. Elle n'exige pas outre cela le ſervice de pluſieurs perſonnes. Deux ſuffiſent; l'une pour pomper l'eau néceſſaire au réfrigérent; & l'autre, pour entretenir le feu.

De quelque eſpece que ſoit l'eau, c'eſt le véritable menſtrue de toutes les ſubſtances ſalines; mais ces diſſolutions offrent des phénomènes importans à conſidérer & dignes de toute l'attention du Phyſicien. Nous nous bornerons à indiquer l'appareil le plus ſimple & le plus commode pour les faire, & à donner ſeulement une idée de la marche qu'on doit ſuivre dans ces ſortes d'opérations.

PREMIER APPAREIL.

Planche XXIII.

Appareil propre à examiner la qualité diſſolvante de l'eau. Fig. 1

SUR un réchaud AB (Pl. XXIII, fig. 1.) rempli de charbons allumés, dont on entretient l'activité, on voit un vaiſſeau de cuivre CD, plein d'eau ordinaire; le couvercle de ce vaiſſeau eſt percé de pluſieurs trous pour recevoir & contenir des vaiſſeaux de verre mince *a*, *b*, *c*, dans leſquels on met de l'eau diſtillée & le ſel qu'on veut diſſoudre.

USAGE de cet Appareil.

ON met dans chacun des vaiſſeaux *a*, *b*, *c*, un gros, par exemple, de différens ſels & une once d'eau diſtillée; on plonge la boule d'un thermomètre dans chacun de ces vaiſſeaux & on a ſoin de les retirer ſucceſſivement de la marmite CD, lorſque l'eau qu'ils contiennent a acquiſe la température qu'on veut lui faire prendre. On ſépare enſuite avec précaution la liqueur de la maſſe ſaline qui reſte au fond du vaiſſeau & on obſerve en peſant ce réſidu, la quantité de chaque eſpece de ſel qu'une même maſſe d'eau peut diſſoudre ſous différens degrés de chaleur. Voilà l'idée générale de cette expérience qu'il convient de modifier de différentes manieres, en variant les eſpeces de ſels, & en variant en même

Planche XXIII. tems les degrés de chaleur pour chaque espece en particulier.

On apprendra, par ces sortes d'essais, qu'il est certains sels qui se dissolvent également bien à l'eau froide & à l'eau chaude; que parmi ceux qui se dissolvent plus aisément à l'eau chaude, il en est plusieurs qui se dissolvent d'autant plus abondamment dans la même quantité d'eau, qu'elle a acquis un plus grand degré de chaleur. On apprendra encore que lorsqu'une masse d'eau donnée est saturée d'un sel quelconque, ou qu'elle en a dissout autant qu'elle peut en dissoudre, sa qualité dissolvante n'est point encore épuisée: elle peut encore dissoudre une certaine quantité d'un sel plus facile à dissoudre que celui ou ceux dont elle est déjà saturée. On sera à portée de classer alors les sels, suivant l'ordre & leurs degrés de solubilité. Ces expériences, aussi délicates à faire que curieuses, méritent d'être répétées; elles ne demandent que de la patience, de l'exactitude, un peu d'adresse & d'habitude de la part de celui qui se livre à ces recherches. On peut consulter à ce sujet les Elémens de Chimie de *Boerhaave*; on y trouvera un Traité de l'eau fait avec beaucoup de soin & très-propre à faciliter le travail de celui qui veut connoître, autant

qu'il eſt poſſible, les qualités de ce fluide. Planche XXIII.

Pluſieurs célebres Phyſiciens ont regardé l'eau comme incompreſſible; mais pour peu qu'on réfléchiſſe ſur la preuve qu'ils en apportent, on voit aiſément qu'elle n'eſt rien moins que démonſtrative.

SECOND APPAREIL.

La preſſe de l'Académie del Cimento, pour comprimer l'eau. Fig. 2.

AB (Pl. XXIII, fig. 2.) eſt une Preſſe dont les deux vis *ab*, *ab* ſont miſes en mouvement par un pignon C, qu'on fait tourner avec la manivelle D. Ce pignon engrène de droite & de gauche dans deux roues qui ſont ſéparément fixées ſur l'arbre de chacune des deux vis *ab*, *ab*. R eſt une boule de métal remplie d'eau & fermée exactement par une vis V, dont le collet eſt revêtu d'un cuir gras. Cette boule étoit d'or dans ſon origine & elle devroit encore en être, s'il s'agiſſoit de répéter exactement la même expérience & qu'on pût compter ſur le réſultat qu'elle préſente. Il ſuffit qu'elle ſoit de cuivre rouge pour donner une idée ſatisfaiſante de ce qu'on veut faire obſerver.

USAGE de cet Appareil.

LES choſes étant diſpoſées dans l'état qu'on vient de les indiquer, on fait tourner la ma-

Planche XXIII. nivelle D dans le ſens qu'il convient pour ſerrer la preſſe. La boule de métal céde à cette preſſion, elle s'applatit, elle ſe déforme; ſa capacité devient proportionnellement plus petite, & on voit l'eau ſuinter à travers les pores du métal; ce qui prouve ſeulement que les molécules de ce fluide ſont aſſez petites pour paſſer par ces pores, lorſqu'elles ſont preſſées juſqu'à un certain point, & ce qui ne prouve nullement que cette liqueur ſoit incompreſſible.

Conſidérée ſous le même état de liqueur, l'eau eſt combinée avec quantité de ſubſtances étrangeres qu'elle rencontre dans ſes écoulemens & qu'elle charrie avec elle. De-là les qualités différentes qu'on découvre dans preſque toutes les eaux qu'on ſoumet à l'analyſe; qualités qui influent plus ou moins ſur ſa ſalubrité & qu'il eſt important de connoître. Il eſt différens moyens de faire cette analyſe; on préfere communément celle des réactifs: elle eſt fondée ſur les loix des affinités. Elle ſuffit d'ailleurs au Phyſicien qui ne veut s'aſſurer préciſément que des qualités des ſubſtances étrangeres qui ſe trouvent combinées avec l'eau qu'il examine, ſans s'embarraſſer des proportions ſelon leſquelles ces combinaiſons ſont faites. Voici donc les

moyens qu'il peut favorablement employer à cet effet. Planche XXIII.

TROISIEME APPAREIL.

Réactifs pour l'analyſe des eaux.

AYEZ différens flacons remplis des liqueurs ſuivantes :

1°. De diſſolution d'argent par l'acide nitreux.

2°. D'infuſion de noix de galle.

3°. D'eau de chaux.

4°. D'alkali volatil.

5°. D'huile de tartre par défaillance.

USAGE de cet Appareil.

QUELQUES gouttes, en général, de diſſolution d'argent verſées dans différens verres remplis d'eaux de différentes eſpeces, produiront une précipitation plus ou moins abondante & d'une couleur aſſez variée pour qu'on puiſſe reconnoître les ſubſtances étrangeres qui ſeront combinées avec ces eaux.

Quelques gouttes d'infuſion de noix de galle verſée dans une eau qui tiendra en diſſolution du vitriol de mars, donneront à cette eau une couleur violette tirant ſur le noir.

Quelques gouttes d'eau de chaux feront prendre une couleur d'ocre à celles qui charrieront avec elles des matieres arſénicales.

Planche XXIII. L'alkali volatil donnera une couleur laiteuse à celles qui tiendront en dissolution de la sélénite & même du sel marin ordinaire.

L'huile de tartre produira un précipité jaune dans celles qui seront combinées avec des principes mercuriels.

L'idée de ces sortes d'expériences doit suffire à ceux qui voudront traiter cette matiere, & au défaut des eaux naturelles qui seroient combinées avec ces différentes substances, ils pourront en faire de factices qui produiront les mêmes effets. On prendra pour cela de l'eau distillée, dans laquelle on fera fondre séparément les substances étrangeres qu'on jugera à propos de combiner, & on aura soin ensuite de filtrer ces différentes eaux pour qu'il ne se fasse point naturellement de précipitation qui pourroit nuire à la précision de l'expérience.

En éprouvant les eaux de cette maniere, on n'en trouvera aucune qui soit absolument pure, aucune qui ne tienne en dissolution quelques principes étrangers; mais on jugera en même tems de la qualité de ces principes hétérogènes, & conséquemment de la qualité des eaux, & on reconnoîtra, par-là, celles auxquelles il conviendra de donner la préférence pour son usage. Il se présente

naturellement ici une question à réſoudre ; ſavoir, laquelle des eaux eſt la plus ſalubre, la plus potable ? Seroit-ce celle qui approcheroit d'avantage de la pureté de l'eau diſtillée, ou, s'il étoit poſſible, celle qui ſeroit abſolument pure & dégagée de tout principe hétérogène ? Il paroîtroit aſſez naturel de tenir pour l'affirmative ; mais l'expérience dépoſe le contraire. Une eau de cette eſpece ſeroit abſolument inſipide & ne ſeroit point propre à favoriſer l'action des ſucs digeſtifs de l'eſtomach. Auſſi ne fait-on jamais uſage d'eau diſtillée pour ſa boiſſon ordinaire. Pour être ſalubre, l'eau doit contenir quelques principes ſalins, qui lui donnent une certaine activité qu'elle n'a point par elle-même ; mais elle doit les contenir en petite quantité, & d'une qualité appropriée à la conſtitution de notre eſtomach. Ces principes trop abondans & pris dans la claſſe des minéraux, l'eau devient minérale, & on ne doit en uſer qu'avec circonſpection & dans les cas ſeulement où il s'agit de produire en nous certaines altérations néceſſaires à la perfection des fonctions de l'économie animale. En général, lorſque l'eau eſt peu chargée de principes hétérogènes & que ces principes ne ſont point des altérans trop ſenſibles, elle eſt

Planche XXIII.

Planche XXIII. potable & ſalubre, & elle eſt d'autant meilleure que ſes principes ſont mieux combinés ; elle eſt généralement bonne, lorſqu'elle n'a aucun goût étranger ; car l'eau pure a le ſien qui lui eſt propre, & que le buveur d'eau ſait bien diſtinguer ; elle eſt bonne lorſqu'elle diſſout parfaitement le ſavon, & que certains légumes, tels que les feves, les pois, y cuiſent très-bien. C'eſt à cette eſpece d'eau qu'il convient de s'en tenir pour notre boiſſon ordinaire.

Il n'eſt point hors de propos de nous prémunir ici contre une inquiétude que nous pourrions avoir ſur l'uſage de certaines eaux qui charrient aſſez abondamment de la terre, des ſables, des graviers & autres matieres de ce genre. En quelque quantité que ſoient ces principes hétérogènes, lorſqu'ils ſont groſſiers, tels que ceux que charrient, par exemple, les eaux d'Arcueil à Paris, l'uſage de cette eau ne peut nuire à la ſanté. Le peu de ténuité de ces ſubſtances étrangeres ne leur permet point d'enfiler les veines lactées dont les ouvertures ſont trop petites : elles ne peuvent donc paſſer dans les routes de la circulation & conſéquemment troubler en rien les loix de l'économie animale. Elles ſe mêlent au réſidu des digeſtions, & ſont

entraînées au-dehors avec lui. Nous n'inſiſterons pas davantage ſur cette matiere, quelqu'importante qu'elle ſoit : il faut conſulter, à ce ſujet, ceux qui ont traité de l'eau en particulier. Planche XXIII.

ARTICLE SECOND.

Des Appareils faits pour connoître les propriétés de l'eau, conſidérée dans l'état de vapeurs.

L'ÉVAPORATION de l'eau ou de toute autre liqueur eſt l'effet naturel d'une chaleur ſurabondante. Comment ſe produit cet effet? quelle eſt la cauſe de l'élévation des vapeurs? comment ſe ſoutiennent-elles dans l'atmoſphère? quelles ſont les cauſes qui les condenſent, qui les convertiſſent en brouillards, en eau, en givre, en neige, en grêle? quelles ſont celles, en un mot, qui produiſent les différens météores aqueux que nous obſervons dans l'atmoſphère? Ce ſont autant de queſtions très-curieuſes en elles-mêmes, mais étrangeres à la Phyſique purement expérimentale, ſur leſquelles on peut conſulter notre Dictionnaire de Phyſique. Nous nous bornerons donc à conſidérer les effets de la vapeur, & lorſqu'elle eſt retenue dans une

Planche XXIII.

capacité qui peut céder à ſon expanſion, & lorſque cette capacité réſiſte invinciblement à cet effet.

PREMIER APPAREIL.

Ampoules de verre qui détonent par la dilatation d'une vapeur. Fig. 3.

A (Pl. XXIII, fig. 3.) eſt une petite ampoule de verre ſoufflée à la lampe de l'Emailleur, remplie d'eau ou de toute autre liqueur, & dont l'extrêmité de la queue eſt ſcellée hermétiquement.

USAGE de cet Appareil.

MISE ſur des charbons allumés, l'eau qui y eſt contenue s'échauffe, bout & ſe réduit en vapeurs, dont l'expanſion briſe avec éclat & détonation les parties de l'ampoule. Cette détonation eſt d'autant plus forte, que les parois de l'ampoule réſiſtent davantage & que la vapeur eſt obligée d'acquérir plus d'expanſion pour les briſer.

On ſe contente ordinairement d'implanter la queue de l'ampoule dans la mêche d'une chandelle ou d'une bougie allumée, de façon que le petit globe A ſoit plongé dans la flamme.

On profite dans l'éolipile de cette force expanſive que la vapeur acquiert, pour former à volonté un jet d'eau ou un jet de feu

qui se porte à une distance d'autant plus éloignée qu'on retient plus long-tems l'effet de cette expansion, & qu'on rassemble dans l'instrument des vapeurs plus dilatées & plus abondantes. Planche XXIII.

SECOND APPAREIL.

L'Eolipile. Fig. 4.

A (Pl. XXIII, fig. 4.) est un gros vaisseau de cuivre fait en forme de poire, dont la queue B est percée d'un très-petit trou. C est un manche de fer pour tenir & disposer l'instrument, lorsqu'il est chaud, dans la situation qui convient à l'expérience.

USAGE de cet Appareil.

ON fait chauffer modérément cette poire sur des charbons allumés, pour dilater seulement la masse d'air qui y est naturellement contenue. On plonge alors le bec de l'instrument dans une masse d'eau; aussi-tôt une petite quantité de cette liqueur s'introduit & se porte dans la poire. Cela fait, on applique le fond de l'éolipile sur les mêmes charbons dont on entretient l'activité avec un soufflet; la petite masse d'eau renfermée dans ce vaisseau bout en peu de tems & se réduit en vapeurs. On attend que ces vapeurs se montrent au bec de l'éolipile, sous la forme d'une fumée très-

Planche XXIII. épaisse. On plonge alors brusquement ce vaisseau dans une masse d'eau froide: saisies par le froid qu'elles éprouvent, les vapeurs se condensent; il se fait un vide dans la capacité de l'éolipile, & la pression de l'air extérieur la remplit d'eau. On rapporte de nouveau, & de la même maniere, l'éolipile sur les charbons; on accélere & on entretient encore l'activité du feu par un soufflet, & on fait bouillir cette nouvelle masse d'eau: lorsqu'elle est réduite en vapeurs & qu'on les voit sortir sous la forme d'un brouillard fort épais, on retourne la poire de façon que ces vapeurs se portent vers le fond du vaisseau, & on laisse encore l'instrument sur le feu. Ces vapeurs se dilatent de plus en plus, & pressent devant elles la masse d'eau qui s'oppose à leur expansion. Celle-ci céde à cet effort & se porte sous la forme d'un jet, à une distance proportionnée à l'expansion de la vapeur.

Si au lieu de remplir d'eau l'éolipile, on la remplit avec de l'esprit-de-vin, & qu'on présente au jet qui s'en échappe une bougie allumée, l'esprit-de-vin s'allumera, & au lieu d'un jet d'eau on aura un jet feu.

On peut se servir, pour cette derniere expérience, d'une petite éolipile de verre sem-

blable à celle que nous avons décrite (Pl. IV, fig. 9.), & au lieu d'un réchaud de feu, on ſe ſert de la lampe à évaporer, que nous avons repréſentée même figure. On a ſoin, dans ce cas, de faire ajouter une queue à ces ſortes d'éolipiles, pour les diriger convenablement à l'expérience. Planche XXIII. Planche IV, Fig. 9.

L'effort d'une vapeur contenue dans un vaiſſeau qui peut à la fin céder à ſon expanſion, peut très-bien repréſenter l'effet de la déflagration de la poudre à canon contre une boucle à feu qu'elle fait reculer plus ou moins ſenſiblement. L'appareil ſuivant eſt deſtiné à cet effet.

TROISIEME APPAREIL.

A (Pl. XXIII, fig. 5.) eſt une groſſe éolipile de cuivre, ouverte antérieurement d'un trou de cinq à ſix lignes de diamètre. On y adapte & on y ſoude une virole ou une douille de cuivre E, de même diamètre & de cinq à ſix lignes de hauteur. Cette éolipile eſt établie ſolidement ſur un chaſſis fait en forme de chariot à trois roues CD; celle de devant C ſe meut en toutes ſortes de ſens ſur un pivot. B eſt une lampe à l'eſprit-de-vin, garnie de trois à quatre méches allumées au-deſſous de l'éolipile A. Chariot à recul. Fig. 5.

Planche XXIII.

Usage de cet Appareil.

On remplit d'eau l'éolipile A, jusqu'aux deux tiers ou aux trois quarts de sa capacité; on bouche la virole E avec un bouchon de liége qui y tient à frottement & suffisamment pour ne pas céder au moindre effort. On laisse chauffer l'eau de l'éolipile, & lorsqu'elle est réduite en vapeurs, & que ces vapeurs ont acquis un degré d'expansion suffisant pour vaincre le frottement du bouchon, elles le poussent au loin avec effort & elles font reculer plus ou moins loin tout l'appareil.

Veut-on un effet plus sensible encore de l'expansion des vapeurs? on l'obtiendra en faisant usage de l'appareil suivant.

Quatrieme Appareil.

Marmite de Papin. Fig. 6.

AB (Pl. XXIII, fig. 6.) est un vaisseau cylindrique de cuivre de quatre à six lignes d'épaisseur. Ce vaisseau porte une retraite vers le haut, dans laquelle on fait entrer le couvercle C, sur l'épaisseur duquel on a également ménagé une retraite proportionnée à la premiere. On a soin d'interposer des anneaux de carton mince entre le vaisseau & le couvercle. Celui-ci est tenu en place par une

une vis de pression F, qu'on fait mouvoir à l'aide d'un levier IK. Cette vis s'engage dans l'épaisseur d'une bride de fer DE, arrêtée sur le haut du cylindre, ou qui l'enveloppe entiérement comme une espece d'étrier. Cet appareil se place sur un fourneau GH: la forme du fourneau est indifférente; il suffit seulement qu'il puisse contenir assez de charbon & donner suffisamment accès à l'air pour entretenir l'activité du charbon lorsqu'il est allumé. On connoît en Physique cet appareil sous le nom de *marmite de Papin*, du nom de son inventeur. Planche XXIII.

Usage de cet Appareil.

On renferme dans le cylindre AB, des os de bœuf ou de tout autre animal, qu'on casse en petits morceaux, & on remplit d'eau le vaisseau jusqu'aux trois quarts ou environ de sa capacité. On pose un anneau ou deux de carton sur la retraite faite sur le corps du vaisseau, & on y applique le couvercle C, qu'on serre fortement avec la vis F, & on pose cet appareil sur le fourneau GH: on le laisse dans cet état, ayant soin toutefois d'entretenir l'activité du feu plus ou moins de tems, suivant la grandeur de la marmite, ou la dureté des corps qui y sont

Planche XXIII.

renfermés. Un peu d'uſage apprend, à celui qui fait cette expérience, le tems qu'il convient d'y employer. Lorſque l'expérience eſt finie & que le vaiſſeau eſt ſuffiſamment refroidi, on démonte le couvercle C, & on trouve que la vapeur a tellement pénétré les os, qu'elle en a extrait toute la partie mucilagineuſe, & que l'eau s'eſt convertie en une eſpece de gelée, dont on peut faire uſage: les os ſont amollis au point d'être friables entre les doigts. On peut faire ces ſortes d'inſtrumens plus petits, plus commodes à manier; l'expérience ſe fait auſſi sûrement & plus promptement. Nous ne nous ſervons même que d'une marmite dont la capacité contient une chopine de liqueur.

Un ſecond effet de l'expanſion de la vapeur, & non moins ſenſible que le précédent, c'eſt ſans contredit celui qu'on peut obſerver dans les pompes à feu, telles qu'on en voit dans les mines d'Angleterre, dans celles de Condé, à Chaillot près Paris, &c. L'appareil que nous allons décrire, fort éloigné de repréſenter exactement cette ingénieuſe machine, ſuffira néanmoins pour en donner une idée ſatisfaiſante. On doit aux ſoins de l'Abbé *Nollet*, la conſtruction de ce petit modèle fort ingénieux, & nous nous ſervirons de la deſcription qu'il en donne.

CINQUIEME APPAREIL. Planche XXIII.

AB (Pl. XXIII, fig. 7.) eſt une caiſſe plus longue que large, garnie de plomb par-dedans & remplie d'eau à peu-près juſqu'à moitié. C, D ſont deux montans élevés ſur la caiſſe, pour ſoutenir une auge E, qui eſt auſſi doublée de plomb. FG eſt un petit fourneau de métal, dans lequel il y a une lampe à l'eſprit-de-vin & qui porte une bouilloire qu'on emplit d'eau environ à moitié, par un trou qui eſt en haut & qu'on ferme enſuite avec un bouchon à vis K, ſous l'épaulement duquel on enferme des anneaux de papier mouillé. LM eſt un cylindre de verre creux, garni haut & bas d'un fond de métal qui s'applique avec des anneaux de cuir interpoſés pour empêcher toute communication du dedans au dehors par les bords du verre. Celui d'en bas M, porte un tuyau ouvert de part & d'autre, dont un bout eſt plongé dans l'eau de la cuvette, & l'autre, qui eſt garni d'une ſoupape, répond à la partie inférieure du cylindre de verre. Le fond d'en haut L, porte un robinet dont la clef, percée ſelon ſon axe & ſelon un de ſes rayons, fait communiquer le vaiſſeau cylindrique LM, que l'on emplit d'eau, ſeulement pour la premiere fois, tantôt avec le canal N, qui aboutit

Pompe à feu. Fig. 7.

Planche XXIII. à la bouilloire, tantôt avec celui qui joint le tuyau montant OP.

USAGE de cet Appareil.

LA lampe étant allumée, dès que l'eau vient à bouillir & que les vapeurs se sont dilatées dans la partie supérieure de la bouilloire, si on tourne la clef du robinet, on les laisse passer dans le vaisseau LM ; elles s'y étendent & en chassent toute l'eau qui y est, par le tuyau montant OP. Alors si on tourne la clef du robinet de maniere qu'il y ait communication entre la boîte cylindrique & le canal Q, qui aboutit au tuyau montant, il y tombe quelques gouttes d'eau froide qui condensent la vapeur ; c'est-à-dire, continue l'Abbé *Nollet*, qui la réduisent à un si petit volume, que le vaisseau peut être réputé vide. Aussi-tôt le poids de l'atmosphère, qui agit par le trou *m* sur l'eau de la caisse, y porte de l'eau & le remplit. Cette eau est chassée, comme la premiere, dès qu'on laisse rentrer la vapeur, & cette vapeur fait encore place à de nouvelle eau, dès qu'on la condense en retournant la clef, pour emprunter quelques gouttes d'eau froide du tuyau montant. Par ces alternatives réitérées, on épuiseroit la caisse & on rempliroit l'auge d'en haut ; mais, pour faire durer le jeu de la machine plus long-

tems, on a pratiqué un tuyau de décharge RS, qui ramene l'eau à sa premiere source. Planche XXIII.

Il y auroit du danger pour ceux qui sont occupés au service de ces sortes de machines, s'ils se laissoient surprendre par une trop prompte dilatation des vapeurs ; c'est pour cela que l'ingénieux Auteur de cet appareil a jugé convenable de pratiquer un petit soupirail *a*, sur lequel on met une soupape chargée d'un poids qui fait moins de résistance que la bouilloire n'est capable d'en faire, afin que si la vapeur devient trop forte, elle trouve une issue qui la ralentisse avant qu'elle puisse faire crever le vaisseau. Observation importante sur cette machine.

Une seconde observation, que nous devons encore au même Physicien & qui mérite de trouver ici sa place, c'est celle qu'il fait sur l'usage auquel on peut destiner une machine de cette espece. On ne peut nier, dit-il, que la pompe à feu ne puisse être très-utile & que son service ne soit fort sûr, puisqu'on en est convaincu par l'expérience même. Mais il en est d'elle comme de toutes les machines qu'il faut toujours employer dans des circonstances convenables ; car souvent celle qui est bonne dans un cas, est mauvaise dans un autre. Les Anglois ont d'abord employé la pompe à feu dans leurs mines de charbon ; Autre observation.

Planche XXIII. elle a réuſſi parfaitement & on en continue l'uſage. Ils l'ont établie à Londres pour diſtribuer l'eau de la Tamiſe dans différens quartiers de la Ville : ils ont été obligés de l'abandonner. Pourquoi cette différence? c'eſt que cette machine dépenſe beaucoup en feu & qu'elle enfume tous les environs. Ces deux inconvéniens ſe ſouffrent aiſément dans les lieux découverts où la fumée ſe diſſipe, & dans les mines de charbon, où le feu ne coûte preſque rien à entretenir; mais dans le centre d'une Capitale, cela eſt tout différent. Ajoutons encore ici pour la ſatisfaction de ceux qui voudront faire uſage de cette machine, qu'il eſt très-prudent de faire chauffer modérément l'eau qu'on veut mettre dans la caiſſe AB & dans le cylindre LM; ſans cette ſage précaution, il pourroit ſe faire, & on l'a remarqué plus d'une fois, que le cylindre LM ſe caſſât par le contact d'une eau trop froide, lorſqu'il eſt fortement échauffé par la vapeur de l'eau bouillante qui y aborde.

ARTICLE TROISIEME.

Des Appareils faits pour expoſer les phénomènes de l'eau qui ſe convertit en glace.

QU'EST-CE que la glace? eſt-ce une liqueur condenſée ou une liqueur raréfiée par l'inter-

poſition de quelques particules étrangeres à l'eau qui ſe glace ? Ce ſont les deux opinions dominantes de l'Ecole. Les uns, ceux qui regardent la glace comme une liqueur condenſée, prétendent que l'état naturel de l'eau eſt d'être concrete ou ſolide ; mais qu'elle ſe fond au premier degré de chaleur, ſelon l'échelle de *Réaumur*, & conſéquemment que nous devons la trouver preſque toujours coulante dans nos climats. Mais lorſque la matiere ignée qui la pénêtre vient à ſe diſſiper par quelque cauſe que ce ſoit, au point que ſa température ſoit réduite à zéro, ſelon la même échelle, ſes parties ſe rapprochent les unes des autres, s'uniſſent & elle revient, ſuivant eux, à ſon état naturel. C'eſt l'opinion du célebre *Boerhaave* & de quantité d'habiles Phyſiciens. Planche XXIII.

D'autres, au contraire, prétendent que l'eau eſt naturellement liquide, & que la ſeule privation du feu, quoique néceſſaire à la formation de la glace, ne ſuffit cependant pas pour la produire : qu'il faut outre cela le concours de certaines particules hétérogènes, auxquelles ils donnent le nom de *parties frigorifiques.*

On trouvera la premiere de ces deux opinions très-bien développée dans les Elémens

Planche XXIII. de Chimie de *Boerhaave*, & la seconde dans le cours de Physique de *Muschenbroek*. Un excellent Ouvrage qu'on peut encore consulter sur cet objet, c'est le Traité de la glace de M. de *Mairan*. Nous nous bornerons ici à exposer sommairement les principaux phénomènes de la congélation de l'eau, & à indiquer les moyens de faire des congélations artificielles qui nous présenteront les mêmes phénomènes qu'on observe dans les congélations naturelles.

APPAREIL.

Appareil propre à faire des congélations artificielles. Fig. 8.

A (Pl. XXIII, fig. 8.), est un grand vaisseau de cristal d'un pied ou environ de profondeur. B est un autre vaisseau de même matiere, conique & très-mince. Il en faut plusieurs de cette espece.

USAGE de cet Appareil.

On fait dans le vaisseau A, un mélange de deux tiers de glace pilée & d'un tiers de sel ordinaire ou de salpêtre. Ce mélange se fond & devient plus froid que la glace elle-même. On peut s'en assurer aisément en plongeant dedans la boule d'un thermomètre. Cet excès de froid devient d'autant plus grand que la fusion du mélange est plus prompte, ce qu'on peut éprouver en faisant un semblable mélange, mais en plaçant le vaisseau A

sur un fourneau de charbons allumés & en plongeant pareillement dedans la boule d'un second thermomètre. Il deviendra plus froid encore, si aulieu de sel on verse sur la glace pilée de l'acide nitreux très-concentré; le froid deviendra si considérable alors, qu'il sera suffisant pour congeler du mercure; ce qu'on ne peut faire par un simple mélange de glace & de sel. Planche XXIII.

Ce froid artificiel étant excité, on plonge dans le mélange plusieurs vaisseaux semblables au vaisseau conique B. On met dans l'un de l'eau ordinaire, dans un autre de la même eau combinée avec une certaine quantité de sel ordinaire, dans un troisieme du vin, dans un quatrieme un mélange d'eau & d'esprit-de-vin, &c. on a soin de remuer constamment ces vaisseaux jusqu'à ce que la congélation des liqueurs qu'ils contiennent soit achevée. En retirant de momens à autre ces vaisseaux du mélange dans lequel ils sont plongés, on observe assez facilement les phénomènes qui se suivent progressivement depuis le moment où la glace commence à se former jusqu'au moment où elle est entiérement formée.

On remarque outre cela que l'eau ordinaire est plus promptement glacée que l'eau

Planche XXIII. salée, quoique cette derniere ait acquis quelques degrés de froid au-dessous de sa température actuelle, au moment de sa combinaison avec le sel. On observe encore que la glace de l'eau ordinaire est plus compacte & plus solide que celle qui se trouve formée par l'eau salée, & elle l'est encore beaucoup davantage que les glaçons fournis par les autres liqueurs. Ceux-ci sont friables & font remarquer dans leurs fractures, des stries plus ou moins sensibles.

Lorsqu'on veut retirer les glaçons des vaisseaux dans lesquels ils se sont formés, on plonge ces vaisseaux dans une caffetiere pleine d'eau chaude; la surface de ces glaçons se fond, & ils se détachent : ils sortent alors très-facilement par rapport à la forme conique que nous donnons à ces vaisseaux.

Sans embrasser ici aucun parti sur la cause de la congélation, nous observerons qu'il nous paroît impossible de rendre parfaitement raison de tous les phénomènes qui y ont rapport dans l'opinion de *Boerhaave*, & qu'il n'en est aucun qu'on n'explique très-bien dans l'opinion de *Muschenbroek*. Nous avons traité assez au long de cet objet dans le second volume de nos Elémens.

Fin du Tome premier.

TABLE
DES MATIERES.
TOME PREMIER.

PREFACE. page iij
Objet de la Phyſique & de cet Ouvrage. 1
SECTION I. Des appareils néceſſaires pour démontrer les principes des corps, & ce qui réſulte de la combinaiſon de ces principes. 2
Diviſion de cette Section. ibid.
ARTICLE I. Des appareils néceſſaires pour analyſer les mixtes. 3
De l'analyſe en général. 4
Deux eſpeces d'analyſe. 5
Analyſe par le feu. ibid.
De la diſtillation. 6
Trois eſpeces de diſtillations. ibid.
Appareils pour ces trois eſpeces de diſtillations. 7
Alambic ou appareil d'une diſtillation montante. ibid.
Cornue ou appareil de la diſtillation latérale. 10
Appareil de la diſtillation deſcendante. ibid.
Uſage des précédens appareils. 11
Obſervations ſur cette opération. ibid.
Défaut des alambics. 12
Moyens de remédier à ce défaut. ibid.
Serpentin. ibid.
Luts. 13
Différens degrés de feu. 14
Feu nud. ibid.

Bain de ſable. page 14
Bain-marie. ibid.
Feu de reverbere. 15
Allonges. ibid.
Maniere de garantir les vaiſſeaux de verre de la trop grande activité du feu. ibid.
Défauts de l'analyſe par le feu. 16
Analyſe par les menſtrues. 17
Appareils néceſſaires à ces ſortes d'analyſes. 18
Uſage de ces appareils. ibid.
Analyſe d'une ſubſtance végétale. ibid.
Même procédé pour analyſer les métaux. 22
Obſervations ſur les deux eſpeces d'analyſes précédentes. 24
On ne découvre que quatre principes primitifs par la derniere analyſe des mixtes. ibid.
ART. II. Des appareils néceſſaires pour démontrer la cauſe de la cohérence entre les parties intégrantes des mixtes. 25
De la combinaiſon des principes. ibid.
De la cauſe de la cohéſion. 26
Opinion des Carthéſiens. ibid.
Opinion des Newtoniens. ibid.
PARAGRAPHE I. Appareils dont les effets paroiſſent favoriſer l'opinion des Carthéſiens ſur la cauſe de la cohéſion. 27
Premier appareil. Deux plans qui adhérent entre eux par la ſeule preſſion d'un fluide extérieur. ibid.
Uſage de cet appareil. ibid.
Second appareil. Les plans de Magdebourg. 28
Uſage de cet appareil. 29
Troiſieme appareil. Machine pneumatique. 30

Eprouvette de la machine pneumatique. page 34
Uſage de la machine pneumatique 35
Préparation des vaiſſeaux dans leſquels on ſe propoſe de faire le vide. ibid.
Néceſſité d'un cuir mouillé entre le récipient & la platine. 36
Maniere de conſerver le vide. ibid.
Autre maniere plus exacte. ibid.
Quatrieme appareil. Plans de Magdebourg dans le vide. 37
Uſage de cet appareil. 38
PARAG. II. Appareils qui favoriſent l'opinion de *Newton* ſur la cauſe de la cohéſion. 39
Premier appareil. Adhérence très-marquée entre deux balles de plomb coupées ſuperficiellement. 40
Uſage de cet appareil. 41
Second appareil. Balance du D. *Taylor*, qui démontre l'attraction entre deux liquides. 42
Uſage de cet appareil. ibid.
Même appareil pour démontrer l'attraction entre les ſolides & les liquides. 44
Troiſieme appareil. Appareil de Grimaldi pour démontrer l'attraction entre des ſolides & des liquides. ibid.
Uſage de cet appareil. 45
Quatrieme appareil. Attraction manifeſtée par la converſion de deux liquides en ſolide. ibid.
Uſage de cet appareil. 46
SECT. II. Des appareils néceſſaires pour démontrer les propriétés générales des corps. 47
Diviſion de cette Section. 48
ART. I. Des appareils propres à démontrer ce qui concerne l'étendue & la figure des corps. ibid.

De l'étendue. page 48
De la figure. 49
Appareil. ibid.
Microſcope à trois verres. ibid.
Uſage de cet appareil. 51
Obſervations ſur les criſtalliſations des ſels. 51
Applications au mécaniſme du goût. 53
ART. II. Des appareils propres à démontrer l'impénétrabilité des corps. 54
Premier appareil. Appareil propre à démontrer l'impénétrabilité de l'air. ibid.
Uſage de cet appareil. 55
Obſervation ſur la compreſſibilité de l'air. ibid.
Second appareil. Autre appareil propre au même effet. 57
Uſage de cet appareil. ibid.
Pénétrations apparentes. ibid.
ART. III. Des appareils propres à démontrer la poroſité des corps. 58
Premier appareil deſtiné à démontrer la poroſité des ſubſtances animales. ibid.
Uſage de cet appareil. 59
De la tranſpiration inſenſible. ibid.
Second appareil deſtiné au même uſage. 60
Uſage de cet appareil. ibid.
Troiſieme appareil propre à démontrer la poroſité des ſubſtances végétales. 61
Uſage de cet appareil. 62
Encre de ſympathie. 63
Quatrieme appareil propre à démontrer la poroſité des ſubſtances minérales. 64
Uſage de cet appareil. ibid.
Obſervations ſur les diſſolutions. ibid.

APPENDIX. Des appareils propres à démontrer la théorie des affinités. page 65
Affinité d'agrégation. 66
—— de compoſition. ibid.
Premier appareil pour démontrer que les propriétés d'un mixte participent à celles de chacun de ſes principes. ibid.
Uſage de cet appareil. 67
Affinité d'intermède. 68
—— De précipitation. 69
Second appareil d'une précipitation chimique; l'*arbre de Diane*. 70
Uſage de cet appareil. ibid.
ART. IV. Des appareils propres à démontrer la prodigieuſe diviſibilité des corps. 71
Premier appareil. Prodigieuſe diviſibilité de la matiere, démontrée par les diſſolutions. 73
Uſage de cet appareil. ibid.
Second appareil. Même vérité démontrée par les évaporations. 74
Uſage de cet appareil. 75
Obſervation ſur la maniere de connoître le réſultat de cette expérience. 77
ART. V. Appareils concernant la mobilité des corps & leur prétendue force d'inertie. 78
Appareil de Newton. 80
Uſage de cet appareil. ibid.
Appareil de l'Abbé Nollet. 81
Uſage de cet appareil. ibid.
SECT. III. Des appareils pour les expériences du mouvement. 82
Idée du mouvement; de ſes eſpeces. 83
Diviſion de cette Section. 84

ART. I. Des appareils du mouvement composé. pag. 85
Premier appareil. Du mouvement composé. 86
Usage de cet appareil. ibid.
Second appareil destiné au même effet. 87
Usage de cet appareil. 88
ART. II. Des appareils nécessaires pour les expériences de la communication du mouvement. 90
Division de cet article. ibid.
PARAG. I. Des appareils propres à déterminer les effets du choc entre des corps mous. 91
Appareil. Machine de *Mariotte*. ibid.
Usage de cet appareil. 93
Choc entre deux corps mous, égaux en masse, dont l'un est en repos. 94
Choc entre les mêmes corps, & tous les deux en mouvement & dans le même sens. 96
Choc entre les mêmes corps mus en sens contraire. 97
PARAG. II. Des appareils nécessaires pour les expériences du choc entre des corps à ressort. 98
Premier appareil pour démontrer l'altération de la figure d'un corps à ressort dans le choc. 100
Choc entre deux billes à ressort égales en masse, & dont l'une est en repos. 101
Toutes deux en mouvement dans le même sens. ibid.
Mues en sens contraire avec les mêmes vîtesses. 102
Avec des vîtesses différentes. ibid.
Second appareil nécessaire pour démontrer les effets du choc entre plusieurs billes. ibid.
Usage de cet appareil. 103
Choc entre plusieurs billes égales en masse & contiguës. ibid.
Choc entre plusieurs corps contigus inégaux en masse. 104

ART. III.

ART. III. De l'appareil propre à démontrer la loi générale du mouvement réfléchi. page 106
Appareil du mouvement réfléchi. ibid.
Usage de cet appareil. 107
ART. IV. Des appareils nécessaires pour démontrer les obstacles à la perpétuité du mouvement. 109
PARAG. I. Des appareils pour déterminer la résistance des milieux. 110
Premier appareil pour démontrer que la résistance croît comme la densité du milieu. 111
Usage de cet appareil. ibid.
Second appareil propre à estimer la résistance relative à la surface du mobile. 112
Usage de cet appareil. ibid.
PARAG. II. Des appareils propres à démontrer les effets des frottemens. 115
Premier appareil du *D. Desaguillers*. ibid.
Usage de cet appareil. 117
Différence entre le frottement de la premiere espece & celui de la seconde. ibid.
Différence des frottemens occasionnés par la différence des surfaces. 118
Second appareil qui paroît prouver que l'étendue des surfaces frottantes n'influe point sur la grandeur des frottemens. 120
Usage de cet appareil. ibid.
Observation sur cette expérience. 121
Différence des frottemens occasionnée par la variété des charges. ibid.
Troisieme appareil. Tribomètre de Muschenbroek. 122
Usage de cet appareil. 124
ART. V. Des appareils pour les expériences du mouvement réfracté. 125

Loi générale de la réfraction. ibid.
Premier appareil pour juger de la réfraction dans l'eau. 126
Uſage de cet appareil. 127
Obſervation ſur cette loi générale de la Nature. 129
La réfraction ſe change quelquefois en réflexion. 131
Second appareil pour démontrer que la réfraction ne peut avoir lieu ſans l'obliquité d'incidence. ibid.
Uſage de cet appareil. 132
ART. VI. Des appareils néceſſaires pour démontrer les effets de la gravité. 133
Diviſion de cet article. ibid.
PARAG. I. Des appareils propres à démontrer que tous les corps ſont ſoumis à l'action de la peſanteur. 134
Premier appareil propre à démontrer que les vapeurs ſont peſantes. 135
Uſage de cet appareil. ibid.
Second appareil propre à démontrer la peſanteur de la fumée. 136
Uſage de cet appareil. ibid.
PARAG. II. Appareil propre à démontrer que tous les corps ſont également maîtriſés par la gravité. ibid.
Appareil pour démontrer que tous les corps ſont également peſans. 137
Uſage de cet appareil. 138
PARAG. III. Appareils propres à démontrer les loix du mouvement accéléré & du mouvement retardé. 141
Principes généraux pour démontrer les loix de la peſanteur. 142
Premier appareil de M. Atwood, propre à démontrer le mouvement accéléré & le mouvement retardé en ligne verticale. 143

Premier Problême. 153
Second Problême. 155
Troiſieme Problême. 156
Quatrieme Problême. 157
Cinquieme Problême. 159
Sixieme Problême. 160
Septieme Problême. 162
Huitieme Problême. 163
Neuvieme Problême. 164
Dixieme Problême. 165
Onzieme Problême. 166
Second appareil propre à démontrer l'accélération des graves. 170
Uſage de cet appareil. 172
Troiſieme appareil propre à démontrer que les cordes d'un cercle ſont parcourues dans le même tems que le diamètre. 175
Uſage de cet appareil. 176
Notion de la cycloïde. 179
Quatrieme appareil propre à démontrer les propriétés de la cycloïde. 180
Uſage de cet appareil. 181
PARAG. IV. Des appareils propres à faire obſerver les effets de la combinaiſon de la peſanteur avec toute autre force. 183
Premier appareil propre à démontrer la chute parabolique des corps. 185
Uſage de cet appareil. 186
Obſervation ſur cet appareil. 187
Second appareil propre à démontrer la chute parabolique des liquides. 188
Uſage de cet appareil. ibid.

Parag. V. Des appareils qu'on a imaginés pour expliquer la cauſe de la peſanteur. 191
Opinion de Deſcartes. ibid.
Premier appareil du globe de Deſcartes. 192
Uſage de cet appareil. ibid.
Second appareil de Bulfinger. 194
Uſage de cet appareil. 195
Obſervation ſur l'appareil de Bulfinger. ibid.
Idée plus exacte de la peſanteur. 196
Art. VII. Des appareils des forces centrifuges. 198
Premier appareil pour démontrer la force centrifuge. 199
Uſage de cet appareil. ibid.
Second appareil. Machine des forces centrales. 200
Uſage de cet appareil. 203
La pompe de Heſſe. 206
La Machine Hydraulique de M. Vera. 208
Sect. IV. Des appareils néceſſaires pour démontrer les principes de la Statique. 214
Objet de cette Section. ibid.
Diviſion de cette Section. 215
Article I. Des appareils néceſſaires pour démontrer les propriétés des centres de gravité. ibid.
Premier appareil. L'Odomètre. 217
Uſage de cet appareil. 218
Second appareil. Double cône qui monte ſur un plan incliné. 219
Uſage de cet appareil. ibid.
Troiſieme appareil. Même effet avec un cylindre dont le centre de gravité eſt porté vers la circonférence 220
Uſage de cet appareil. ibid.

ART. II. Des appareils propres à démontrer la théorie des Léviers. 221
Diviſion des Léviers. ibid.
Loi générale d'équilibre. 222
Premier appareil des Léviers. ibid.
Uſage de cet appareil. 224
Second appareil propre à démontrer la charge de deux puiſſances qui ſoutiendroient un fardeau appliqué ſur la longueur d'un lévier. 227
Uſage de cet appareil. ibid.
ART. III. Des appareils propres à démontrer les propriétés de la balance. 229
Premier appareil. Balance ordinaire. ibid.
Uſage de cet appareil. 230
Second appareil pour démontrer que le centre du mouvement doit être peu éloigné de celui de gravité. 231
Uſage de cet appareil. ibid.
Troiſieme appareil qui démontre que les baſſins doivent être ſuſpendus librement. 232
Uſage de cet appareil. 233
Quatrieme appareil. Balance romaine. 234
Uſage de cet appareil. ibid.
Cinquieme appareil qui démontre que l'axe d'une romaine n'eſt chargé que de la ſomme des poids abſolus. 235
Uſage de cet appareil. 236
Sixieme appareil. Balance de Roberval. 237
Uſage de cet appareil. 238
ART. IV. Des appareils néceſſaires pour démontrer les propriétés des poulies. 239
PARAG. I. Appareil des poulies ſimples. ibid.
Premier appareil qui démontre que la poulie ſimple eſt une ſuite de léviers du premier genre. 240

Uſage de cet appareil. 241
Second appareil, qui démontre qu'il eſt indifférent que la corde embraſſe une portion plus ou moins étendue de la poulie. ibid.
Uſage de cet appareil, 242
Obſervation ſur la maniere de monter les poulies ſimples. ibid.
PARAG. II. Des poulies compoſées, 244
Premier appareil. Poulies compoſées d'une fixe & d'une mobile, 245
Uſage de cet appareil. ibid.
Second appareil compoſé de trois poulies mobiles qui ſe ſuccedent dans trois châſſes différentes. 246
Uſage de cet appareil, 247
Troiſieme appareil. Poulies moufflées à trois yeux. 249
Uſage de cet appareil. ibid.
Quatrieme appareil. Autre ſyſtême de poulies moufflées à trois yeux, 251
Uſage de cet appareil, ibid.
Cinquieme appareil propre à faire obſerver le rapport des forces qui agiſſent obliquement par des poulies. 252
Uſage de cet appareil. 253
ART. V. Des appareils qui démontrent les propriétés du tour. 254
Premier appareil. Modèle de tour, ibid.
Uſage de cet appareil. 255
Second appareil. Modèle d'une roue de carrieres. 257
Uſage de cet appareil, ibid.
Troiſieme appareil. Modele d'une roue à tambour. 258
Uſage de cet appareil. ibid.
ART. VI. Des appareils propres à démontrer les propriétés du plan incliné. 269

Appareil qui démontre les propriétés du plan incliné. 260
Uſage de cet appareil. 261
ART. VII. Des Appareils propres à démontrer les propriétés du coin. 263
Appareil qui démontre les propriétés du coin. ibid.
Uſage de cet appareil. 264
ART. VIII. Des appareils propres à démontrer les propriétés des vis. 265
Premier appareil. Développement de la vis. 266
Uſage de cet appareil. ibid.
Second appareil. Vis d'Archimède. 268
Uſage de cet appareil. ibid.
Troiſieme appareil. Autre vis d'Archimède. 269
Uſage de cet appareil. ibid.
ART. IX. Des appareils propres à faire juger des effets des machines compoſées. 271
Premier appareil. Multiplication des léviers. ibid.
Uſage de cet appareil. 272
Second appareil. Roues dentées. ibid.
Uſage de cet appareil. 273
Troiſieme appareil. Le Cric. 275
Uſage de cet appareil. ibid.
Quatrieme appareil. Vis ſans fin. ibid.
Uſage de cet appareil. 276
Cinquieme appareil. La Chèvre moufflée. 278
Uſage de cet appareil. ibid.
Sixieme appareil. Machine compoſée de toutes les machines ſimples. 279
Uſage de cet appareil. ibid.
ART. X. Deſcription d'un appareil propre à démontrer les inconvéniens indiſpenſables dans le ſervice des cordes. 280

Conſidérations importantes ſur la conſtruction des cordes. 280
Appareil propre à examiner les propriétés des cordes. 282
Uſage de cet appareil. 283
SECT. V. Des appareils néceſſaires pour les expériences de l'Hydroſtatique. 285
Diviſion de cette Section. ibid.
ART. I. Des appareils propres à démontrer les loix générales de la preſſion des liquides de toute eſpece. 286
Premier appareil pour démontrer que les liquides peſent dans leur propre élément. 287
Uſage de cet appareil. ibid.
Second appareil fait pour démontrer que les parties des liquides exercent leur preſſion indépendamment les unes des autres. 288
Uſage de cet appareil. 289
Troiſieme appareil propre à démontrer que les liquides exercent leur preſſion en tout ſens. 290
Uſage de cet appareil. 291
Quatrieme appareil fait pour démontrer la preſſion latérale des liquides. 292
Uſage de cet appareil. ibid.
Cinquieme appareil fait pour démontrer la preſſion que les liquides exercent de bas en haut. ibid.
Uſage de cet appareil. 293
Sixieme appareil pour démontrer que la preſſion d'un liquide eſt en raiſon de ſa hauteur perpendiculaire, toutes choſes égales d'ailleurs. 294
Uſage de cet appareil. ibid.
Septieme appareil, Les vaſes de Paſchal. 296
Uſage de cet appareil. 298

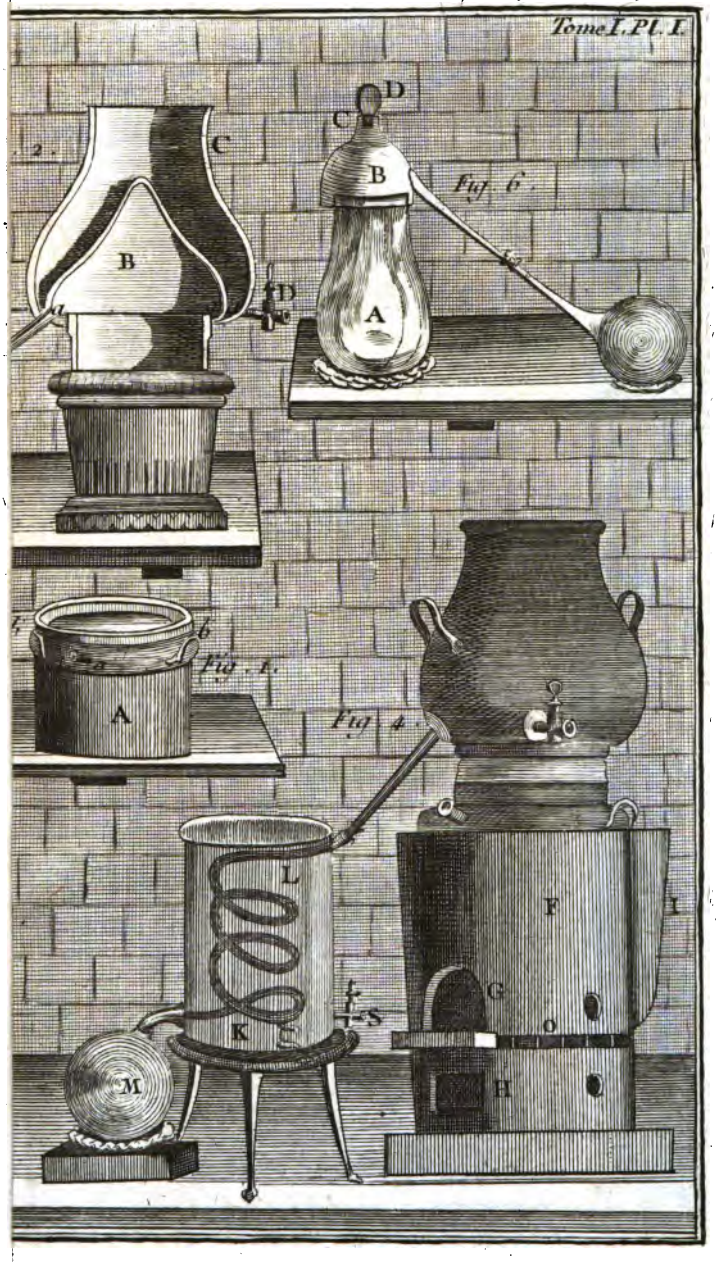
Obſervation ſur cette expérience. 301
Huitieme appareil fait pour démontrer que la preſſion contre un corps plongé augmente à raiſon de ſon immerſion. 303
Uſage de cet appareil. ibid.
Neuvieme appareil fait pour démontrer qu'un corps renfermé dans un liquide y eſt à l'abri de toute compreſſion extérieure. 304
Uſage de cet appareil. ibid.
ART. II. Des appareils propres à démontrer les loix de l'équilibre entre des liqueurs homogènes. 305
Premier appareil des tubes communiquans. ibid.
Uſage de cet appareil. ibid.
Second appareil. Des tubes communiquans. 306
Uſage de cet appareil. 307
Obſervation importante ſur les effets des tubes communiquans. 308
Troiſieme appareil fait pour démontrer les engorgemens qui arrivent aux tuyaux de conduite. 309
Uſage de cet appareil. ibid.
ART. III. Des appareils propres à démontrer les loix particulieres de la preſſion & de l'équilibre des liqueurs hétérogènes. 310
Premier appareil. Fiole des quatre élémens. 311
Uſage de cet appareil. ibid.
Second appareil. Le paſſe-vin. 312
Uſage de cet appareil. ibid.
Troiſieme appareil pour démontrer qu'une liqueur plus légère peſe ſur une autre plus peſante. 314
Uſage de cet appareil. ibid.
Quatrieme appareil pour démontrer la loi de l'équilibre entre des liqueurs hétérogènes. 315

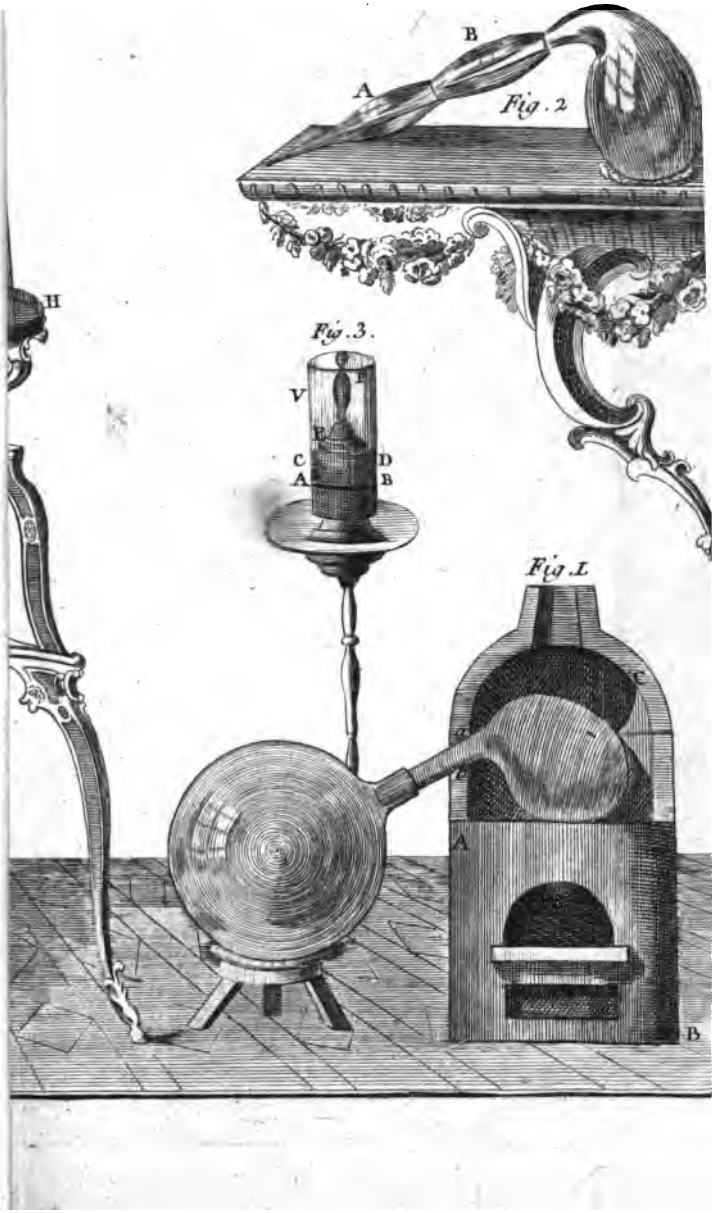
Uſage de cet appareil. 315
Cinquieme appareil. Aréomètre à pompe. 316
Uſage de cet appareil. 317
ART. IV. Des appareils propres à démontrer les loix de la preſſion & de l'équilibre des ſolides plongés dans les liquides. ibid.
Diviſion de cet article. 318
Appareil. Le Ludion. ibid.
Uſage de cet appareil. ibid.
PARAG. I. Appareils propres à démontrer les loix de la preſſion & de l'équilibre des ſolides ſpécifiquement plus peſans que les liquides dans leſquels ils ſont plongés. 320
Premier appareil. Balance hydroſtatique. ibid.
Dépendances de cet appareil. 322
Uſage de cet appareil. 323
Un corps plongé perd de ſon poids. ibid.
Il perd autant que peſe le volume de liquide qu'il déplace. 324
Applications de ce principe. 325
Moyens de connoître la peſanteur ſpécifique des liquides. ibid.
Moyens de connoître la peſanteur ſpécifique des ſolides. 326
Obſervation importante à ce ſujet. 327
Second appareil fait pour démontrer qu'on ne peut connoître le poids abſolu d'un corps. 327
Uſage de cet appareil. ibid.
PARAG. II. Des appareils propres à faire connoître les loix de la preſſion & de l'équilibre des ſolides ſpécifiquement moins peſans que le liquide dans lequel ils ſont plongés. 328

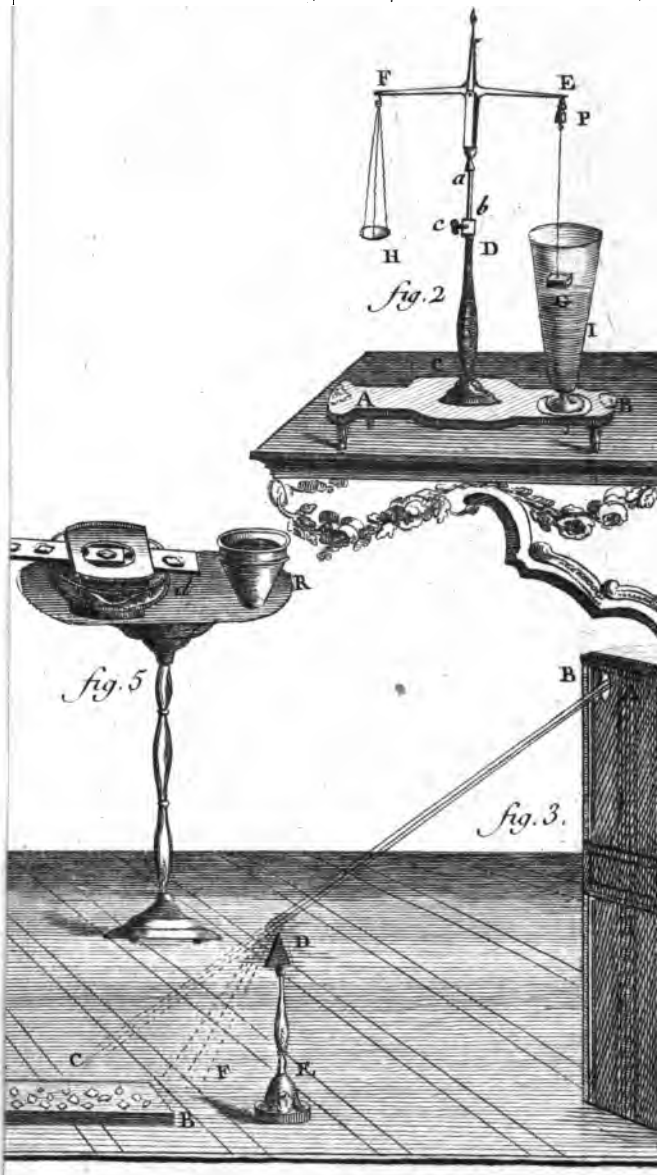
Premier appareil fait pour démontrer la quantité de liquide déplacée par l'immerſion d'un ſolide moins peſant. 328
Uſage de cet appareil. 329
Second appareil. Aréomètre d'Hypacie. 330
Uſage de cet appareil. 331
Défauts de cet inſtrument. 332
Troiſieme appareil. Aréomètre de Farenheit. 333
Uſage de cet appareil. ibid.
Quatrieme appareil. Aréomètre de Muſchenbroek. 334
Uſage de cet appareil. 335
ART. V. Des appareils néceſſaires pour repréſenter les phénomènes des tubes capillaires. 340
Différens appareils de vaiſſeaux capillaires. ibid.
Uſage de ces appareils. 342
Diverſité d'hypothèſes pour expliquer ces phénomènes. 345
Hypothèſe du Pere Fabri. 346
——— De Voſſius. 347
——— Des Attractionnaires. 349
SECT. VI. Des appareils néceſſaires pour démontrer les propriétés de l'eau. 352
Diviſion de cette Section. ibid.
ART. I. des appareils faits pour démontrer les propriétés de l'eau, conſidérée comme liqueur. ibid.
Premier appareil propre à examiner la qualité diſſolvante de l'eau. 355
Uſage de cet appareil. ibid.
Second appareil. La preſſe de l'Académie del Cimento, pour comprimer l'eau. 357
Uſage de cet appareil. ibid.
Troiſieme appareil. Réactifs pour l'analyſe des eaux. 359
Uſage de cet appareil. ibid.

ART. II. Des appareils faits pour connoître les propriétés de l'eau, considérée dans l'état de vapeurs. 363
Premier appareil. Ampoules de verre qui détonnent par la dilatation d'une vapeur. 364
Usage de cet appareil. ibid.
Second appareil. L'éolipile. 365
Usage de cet appareil. ibid.
Troisieme appareil. Chariot à recul. 367
Usage de cet appareil. 368
Quatrieme appareil. Marmite de Papin. ibid.
Usage de cet appareil. 369
Cinquieme appareil. Pompe à feu. 371
Usage de cet appareil. 372
Observation importante sur cette machine. 373
Autre observation. ibid.
ART. III. Des appareils faits pour exposer les phénomènes de l'eau qui se convertit en glace. 374
Appareil propre à faire des congélations artificielles. 376
Usage de cet appareil. ibid.

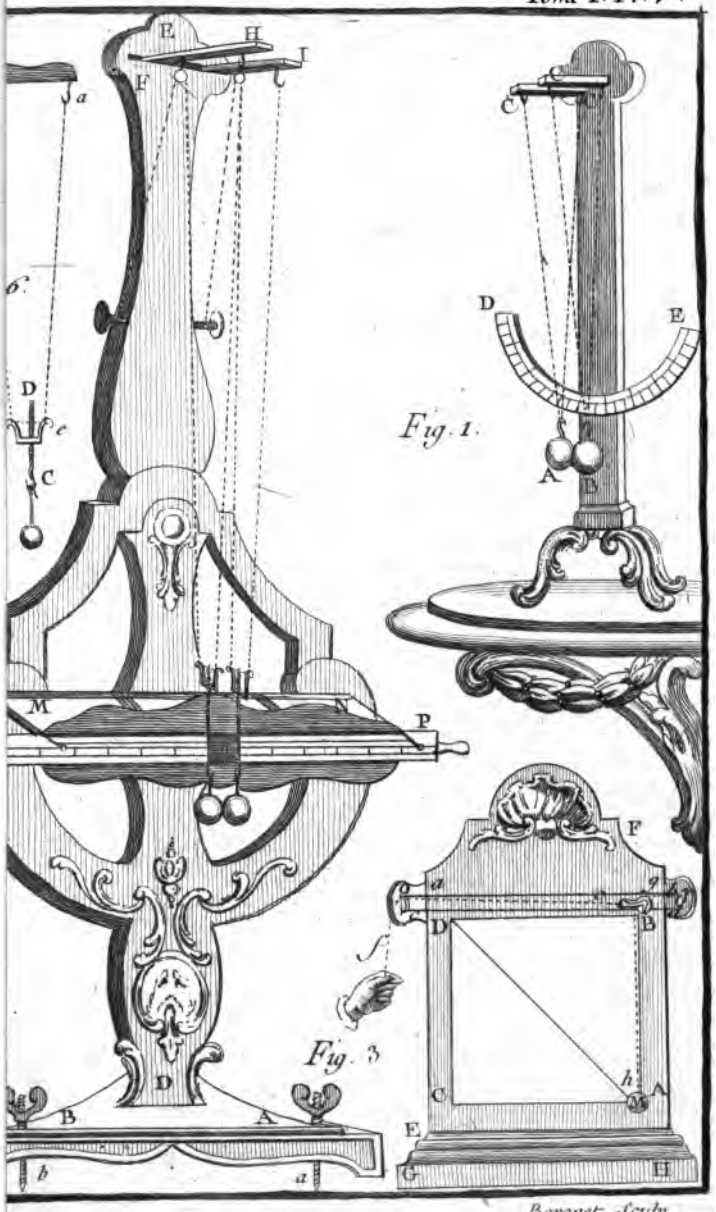
Fin de la Table des Matieres du Tome premier.


Tome I. Pl. I.
C
B
D
A
Fig. 6.
Fig. 1.
Fig. 4.
L
F
G
K
M
H
O

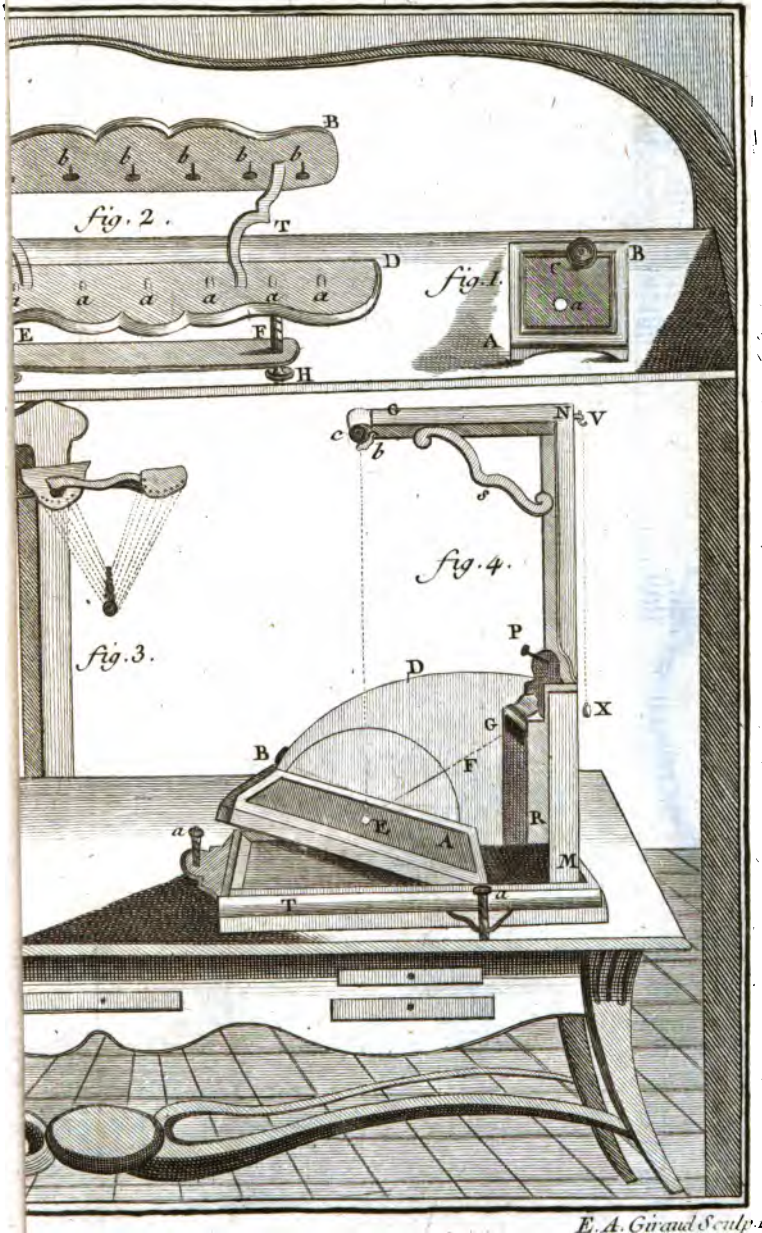

B
A
Fig. 2
H
Fig. 3.
V
E
F
C
D
A
B
Fig. 1
C
a
b
A
B


F
E
P
a
b
c
D
H
fig. 2
G
I
A
B
C
R
d
fig. 5
B
fig. 3.
D
C
F
F
B

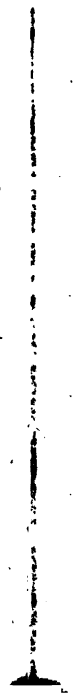
Borgnet Sculp.



Borgnet. Sculp.



E. A. Giraud Sculp. 1779



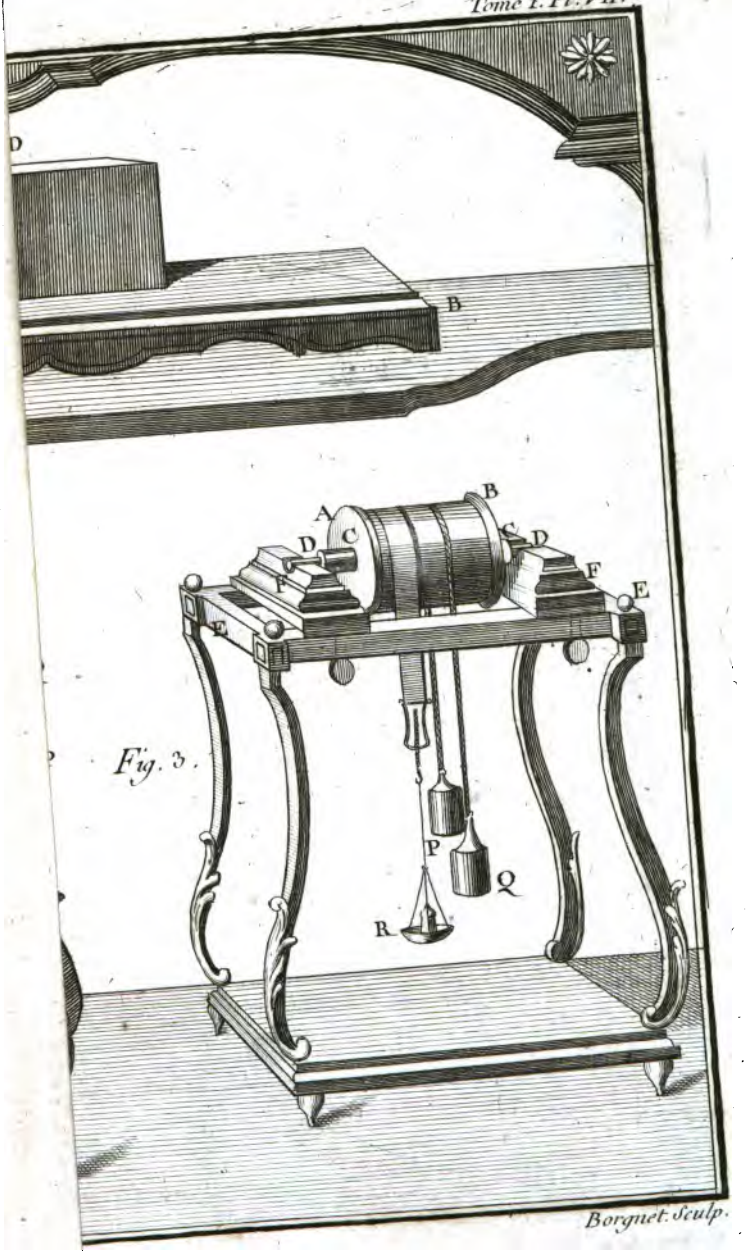


Fig. 3.

Borgnet Sculp.

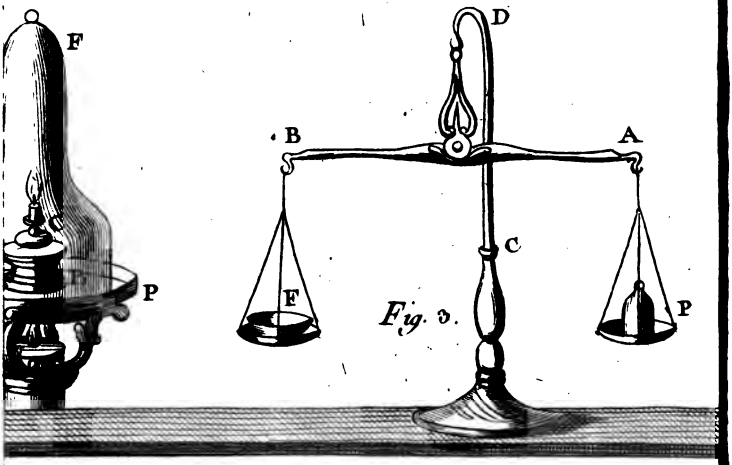


Fig. 2.

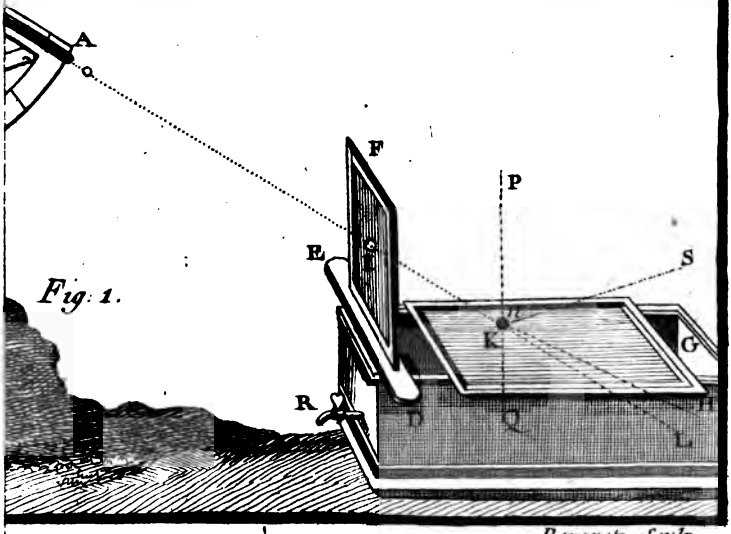
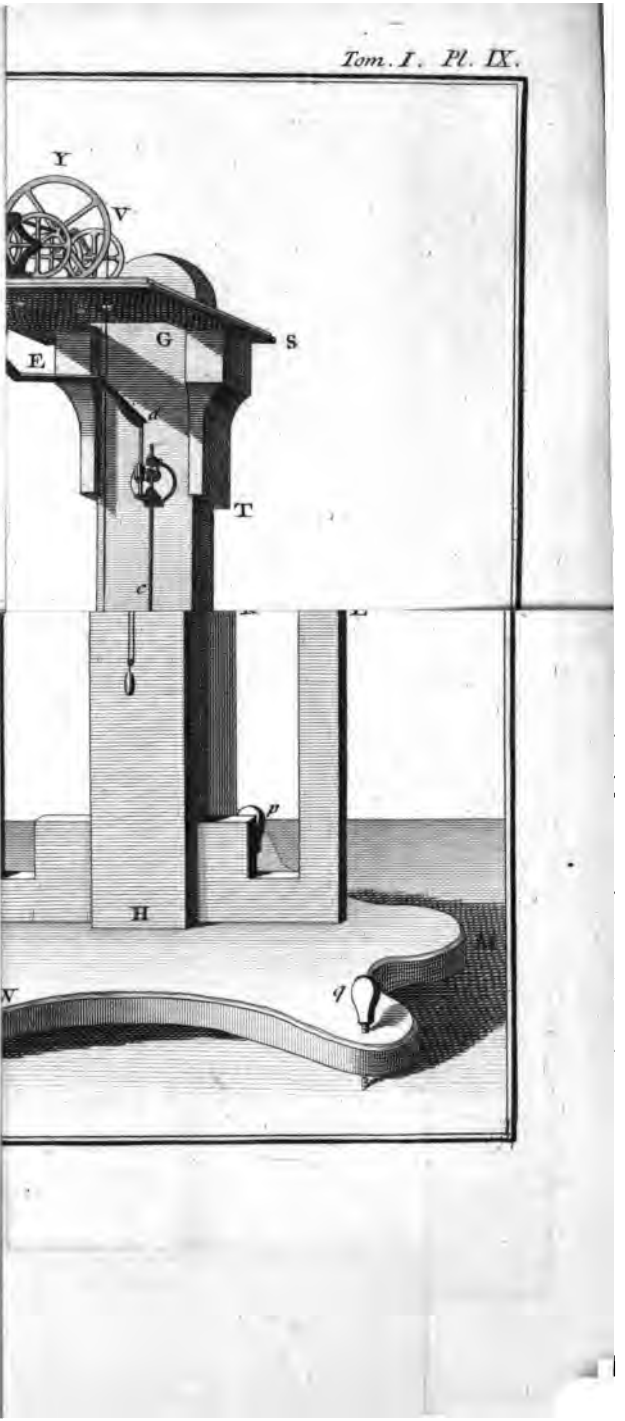
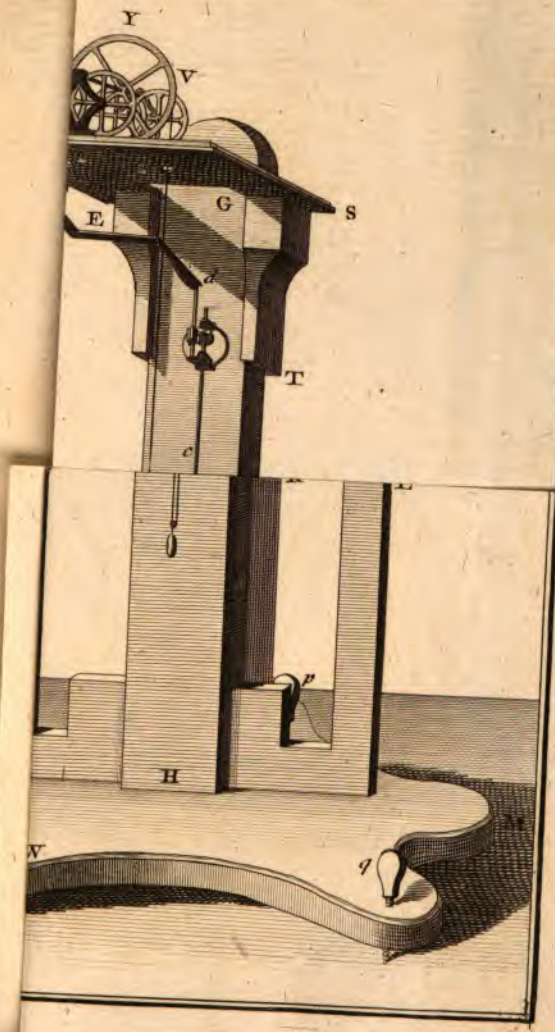
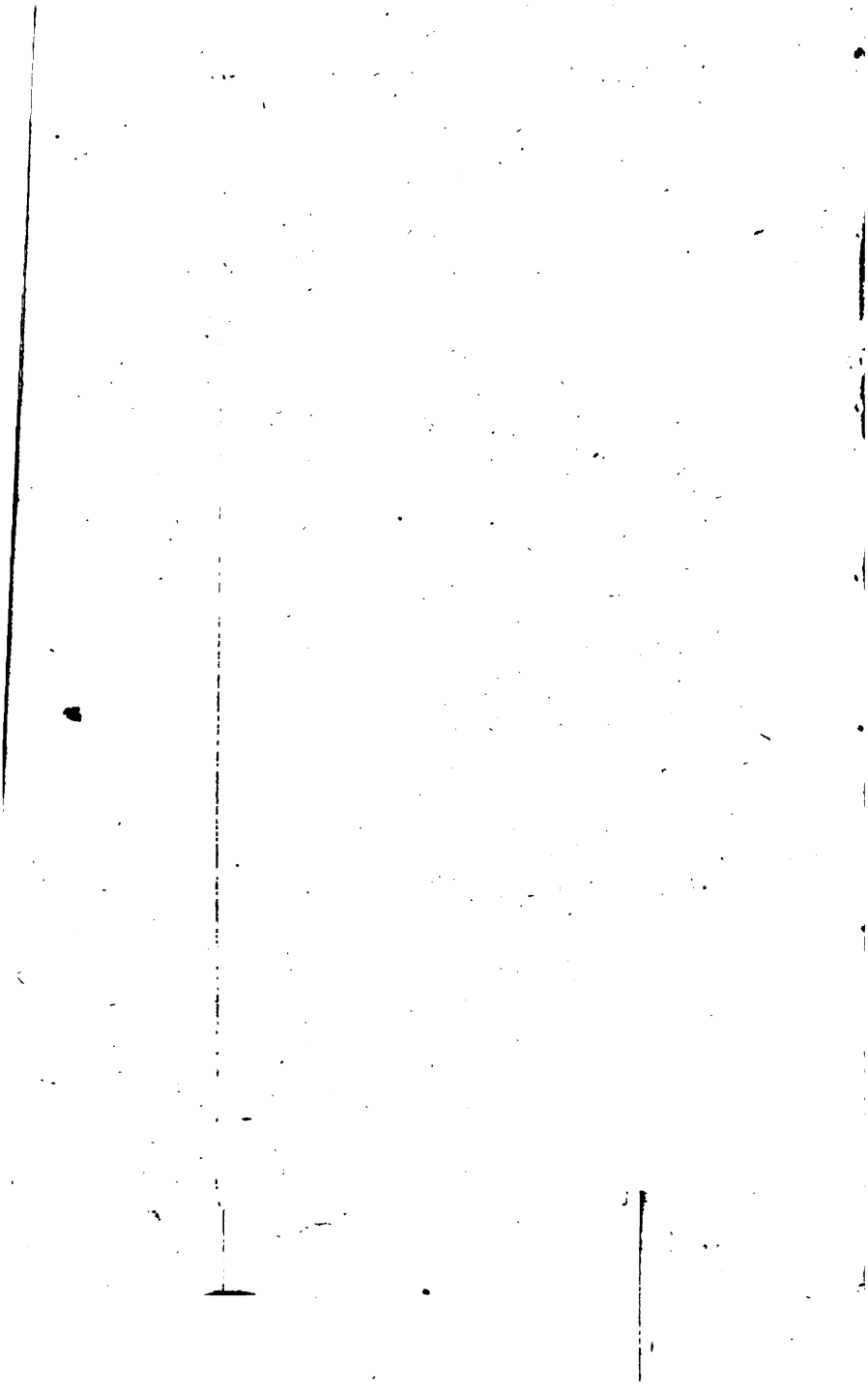


Fig. 1.

Borgnet Sculp.


Y
V
G
S
E
d
T
c
p
H
N
q


Y
V
E
G
S
d
T
c
p
H
N
q



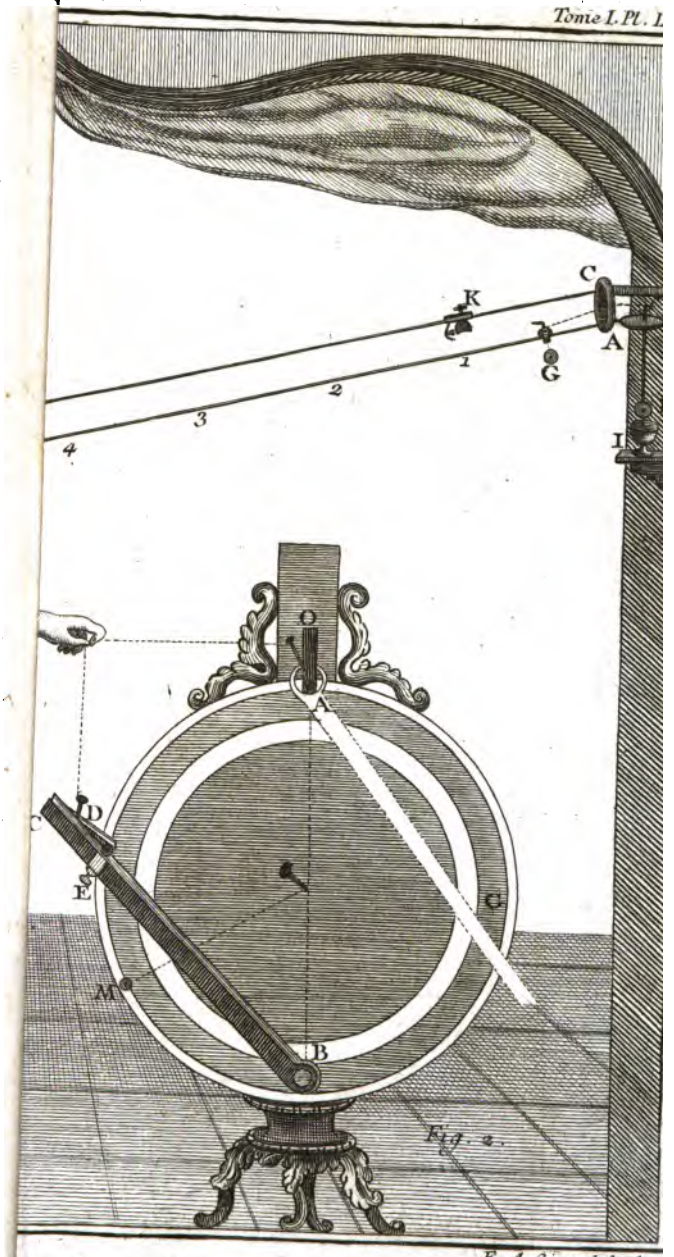
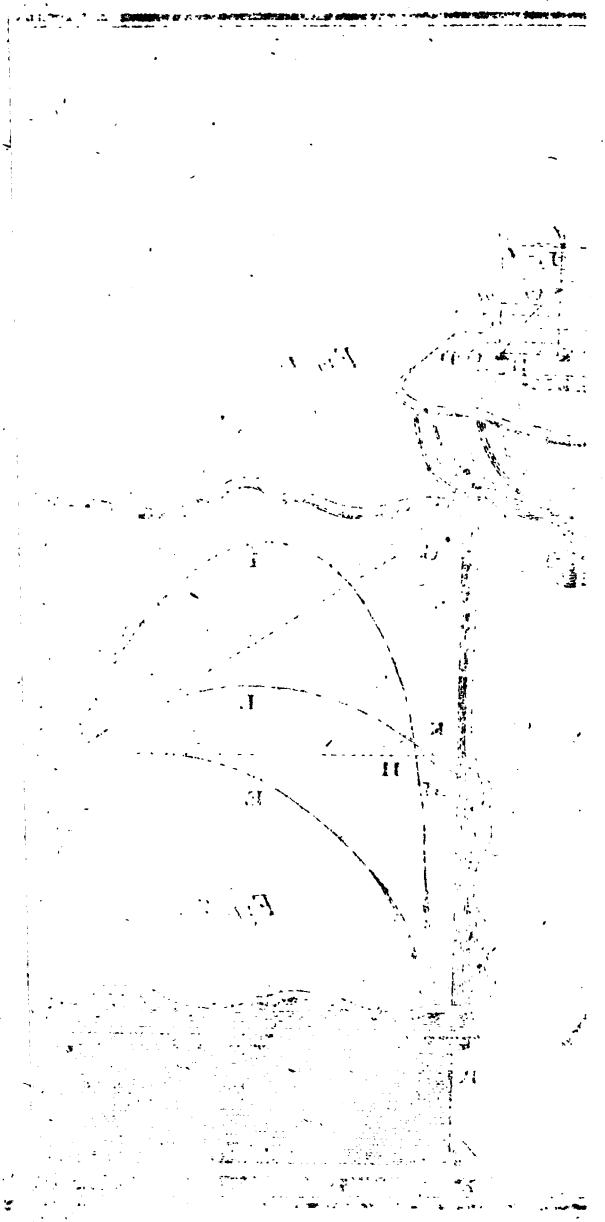


Fig. 2.

E. A. Giraud Sculp.



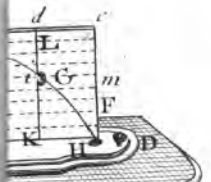


Fig. 1.

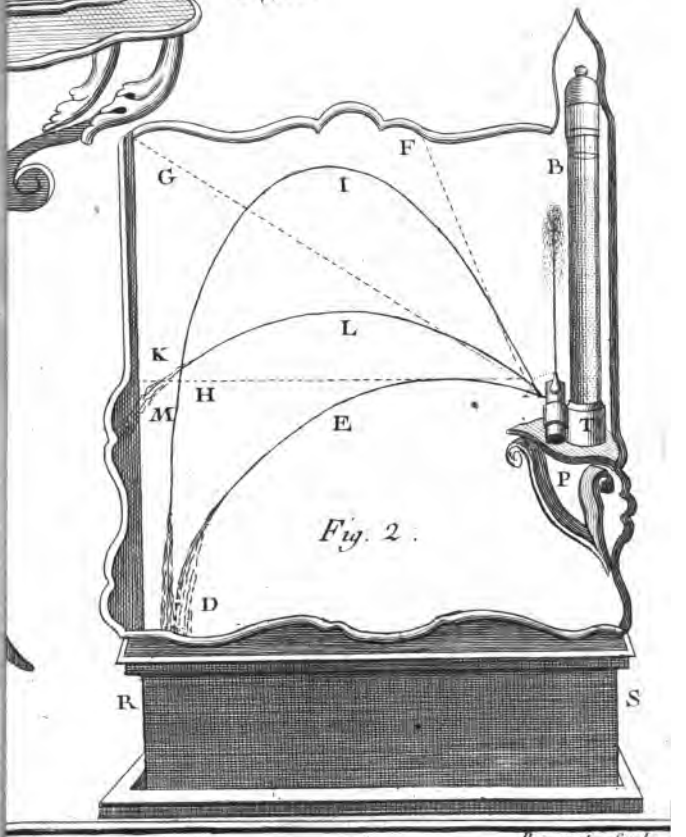
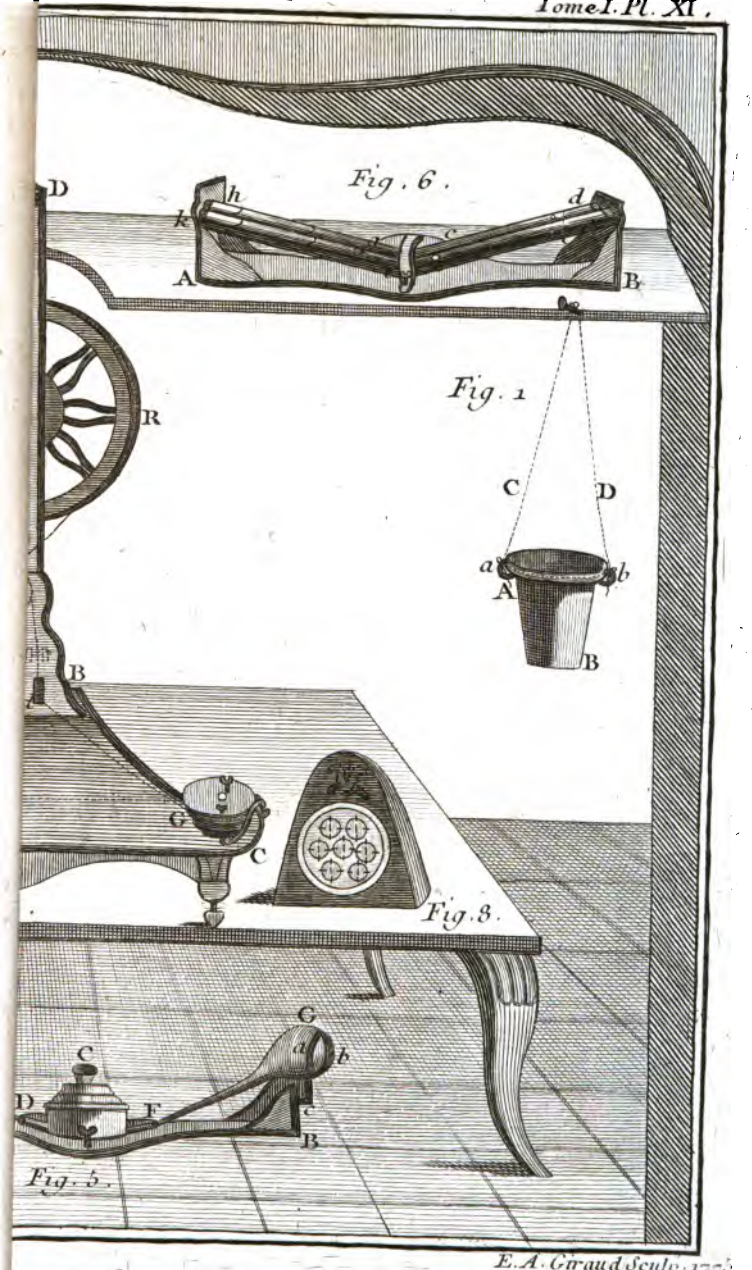


Fig. 2.

Borgnet Sculp.



E. A. Giraud Sculp. 177

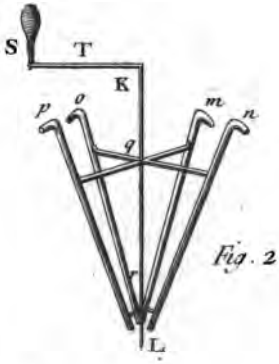


Fig. 2.

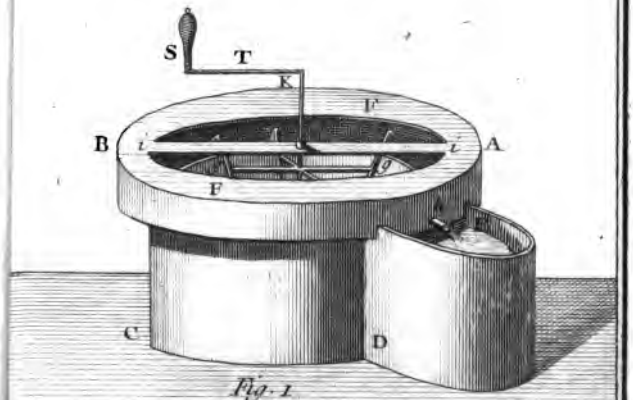
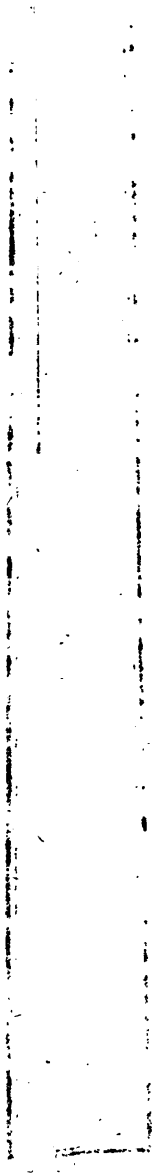


Fig. 1



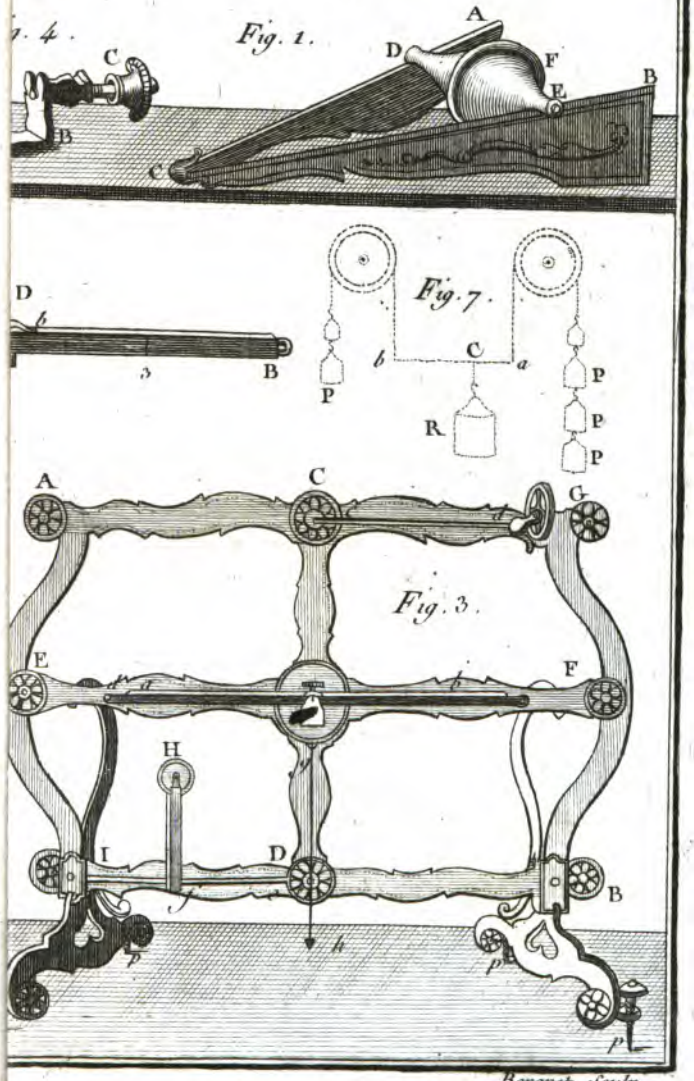
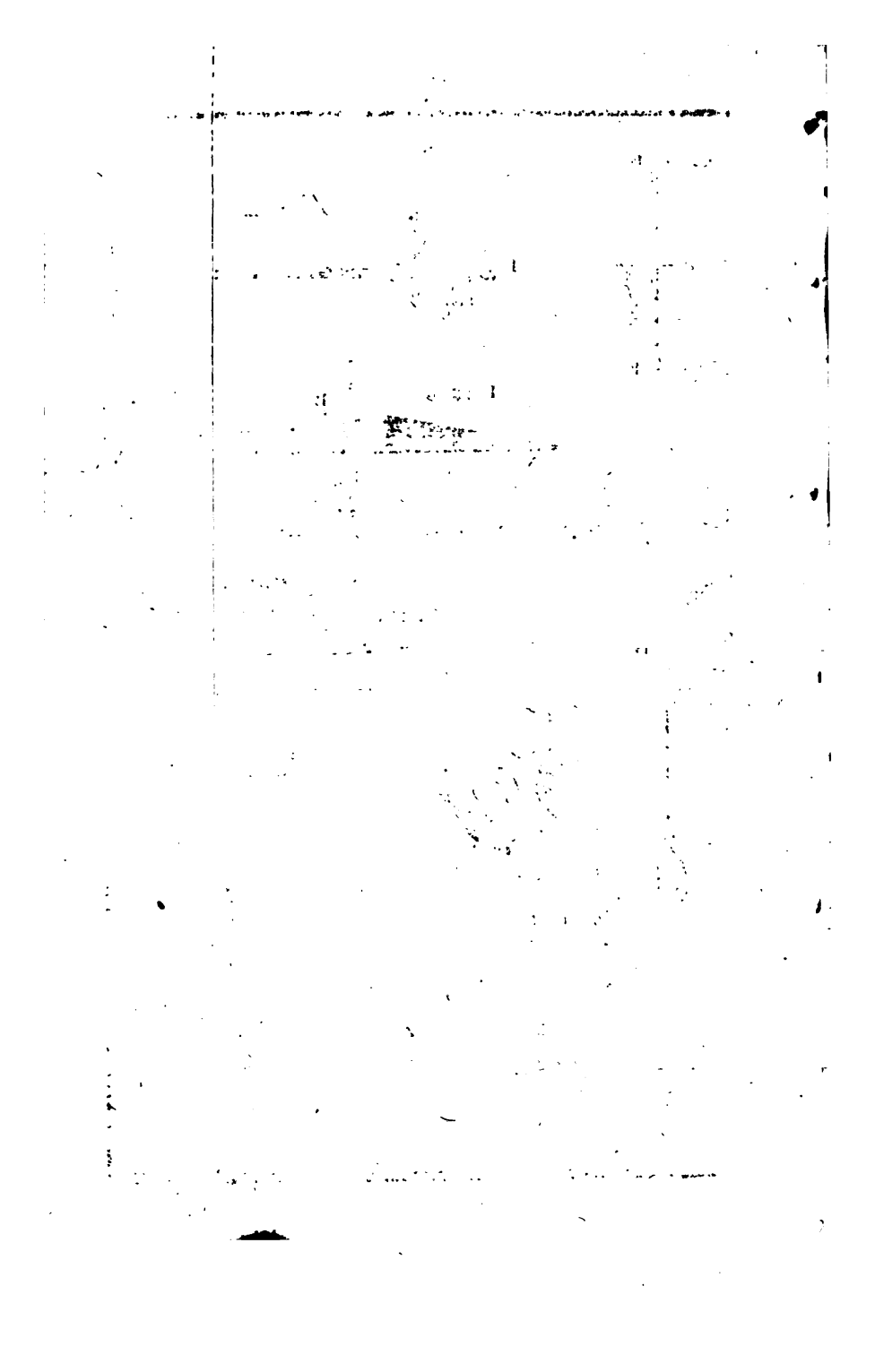
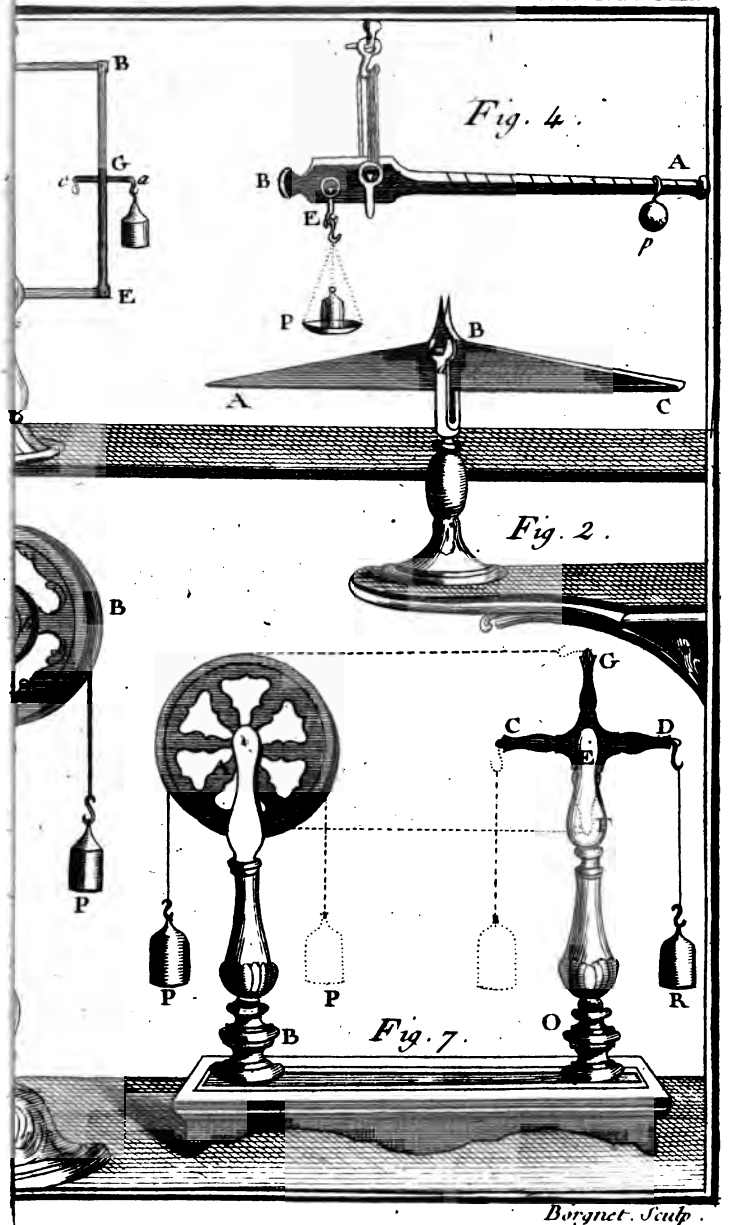
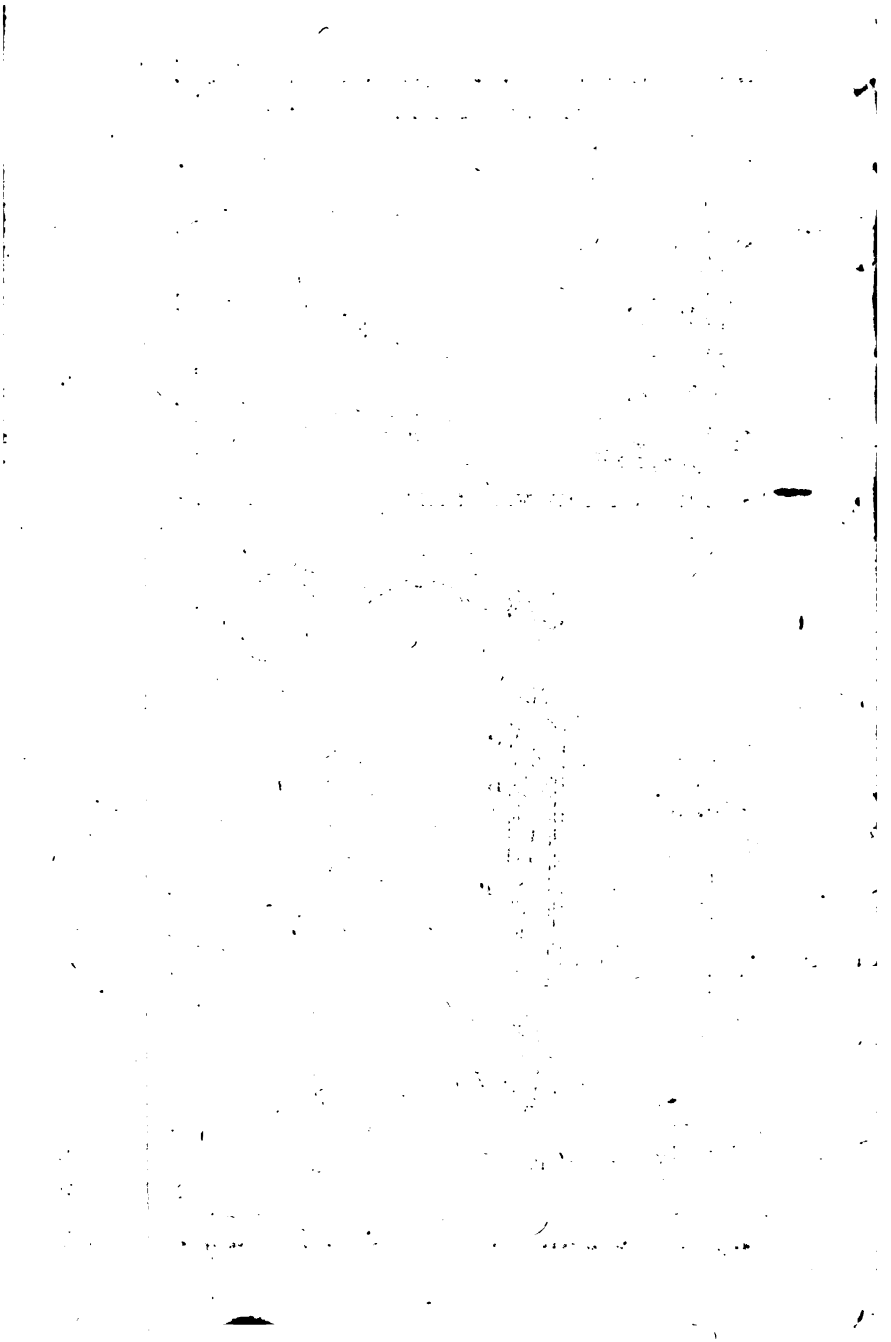


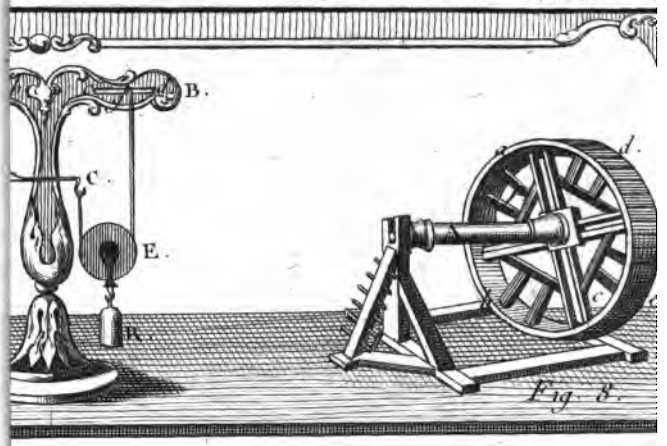
Fig. 4.
C
B
Fig. 1.
A
D
F
E
B
C
D
b
B
Fig. 7.
b
C
a
P
P
P
P
R
A
C
G
Fig. 3.
E
F
H
I
D
B
Borgnet. Sculp.

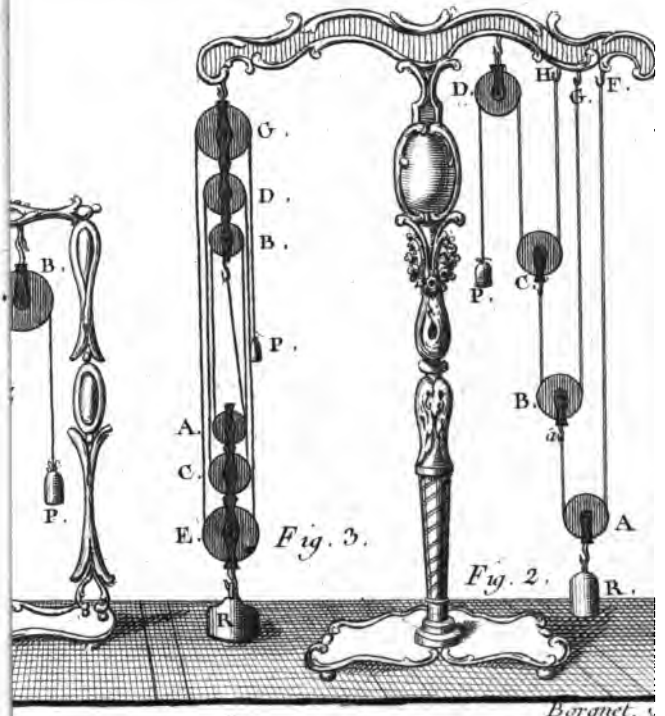




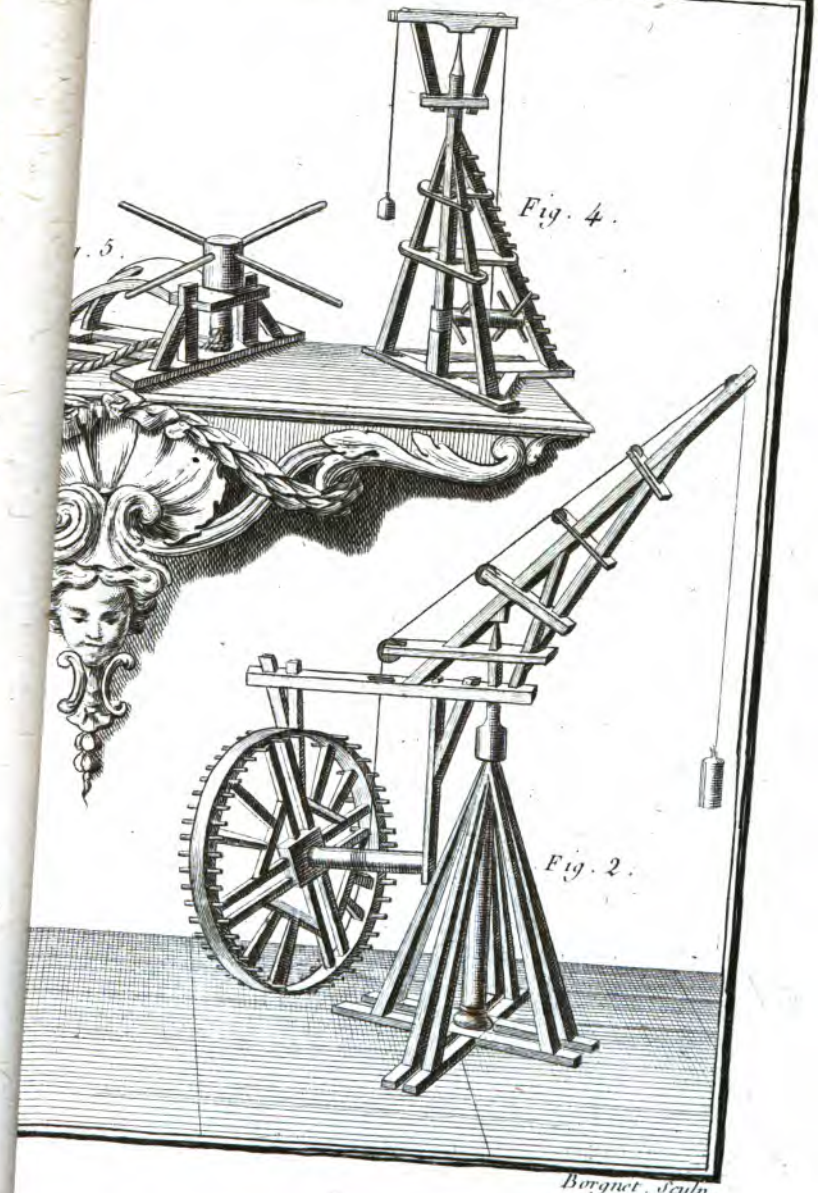
Borgnet. Sculp.



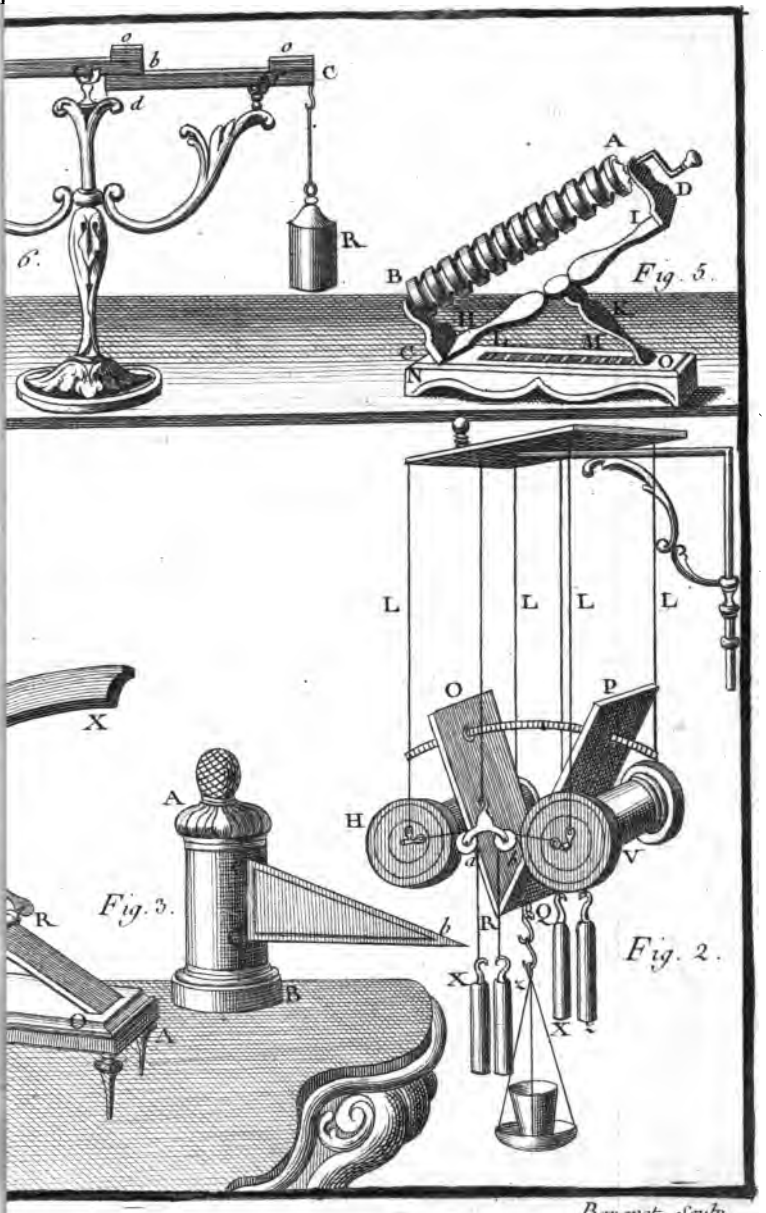


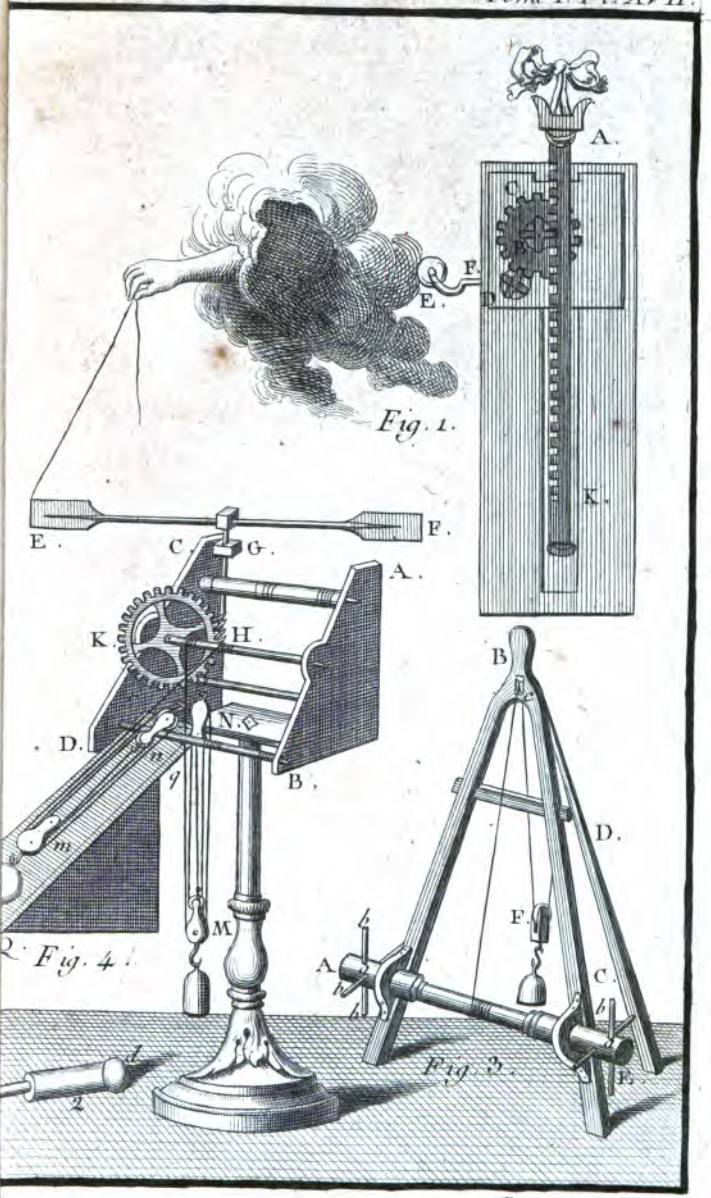


Borgnet.

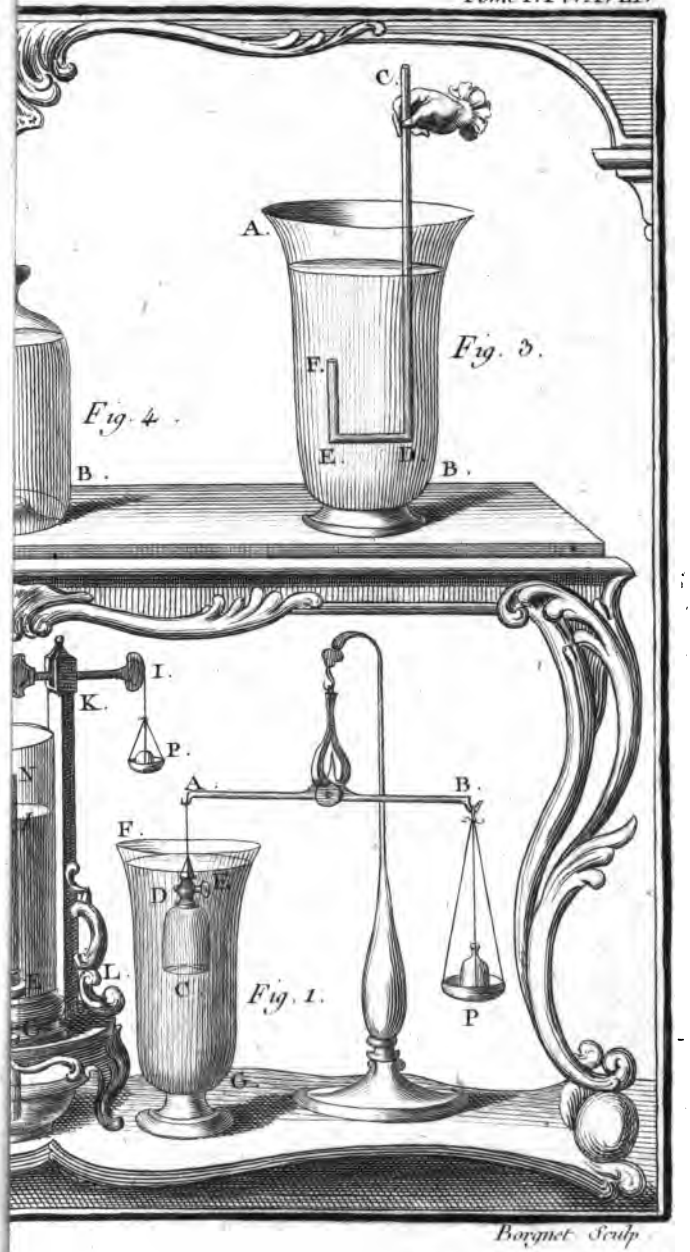


Borgnet. Sculp.


o
b
o
C
d
R
6.
A
D
I
B
Fig. 5.
H
K
G
F
M
O
N
L
L
L
L
O
P
X
A
H
V
Fig. 3.
R
b
R
Q
Fig. 2.
X
X
B
O
A
Borgnet sculp.



Borgnet. Sculp.



Borgnet Sculp.

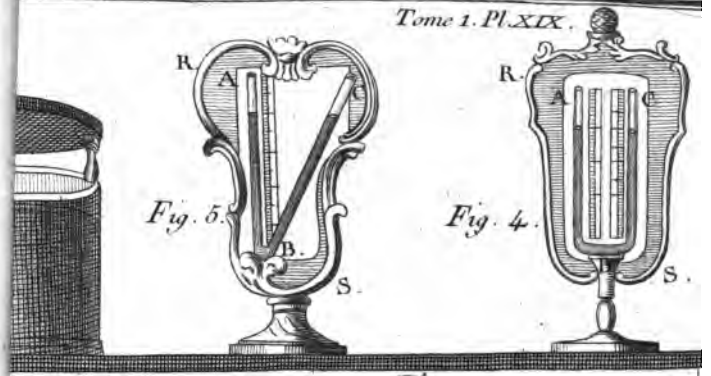


Fig. 5.

Fig. 4.

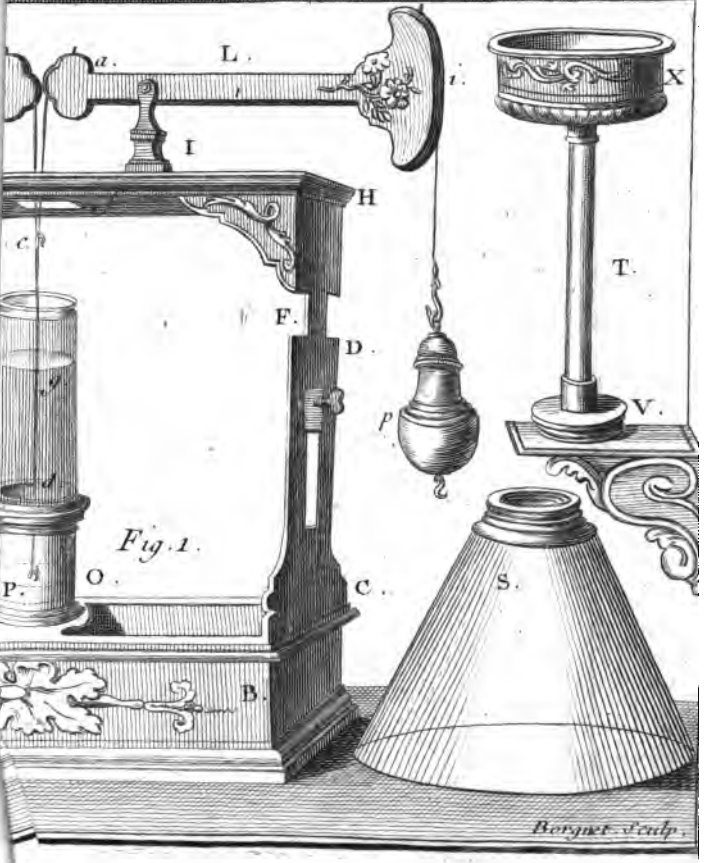
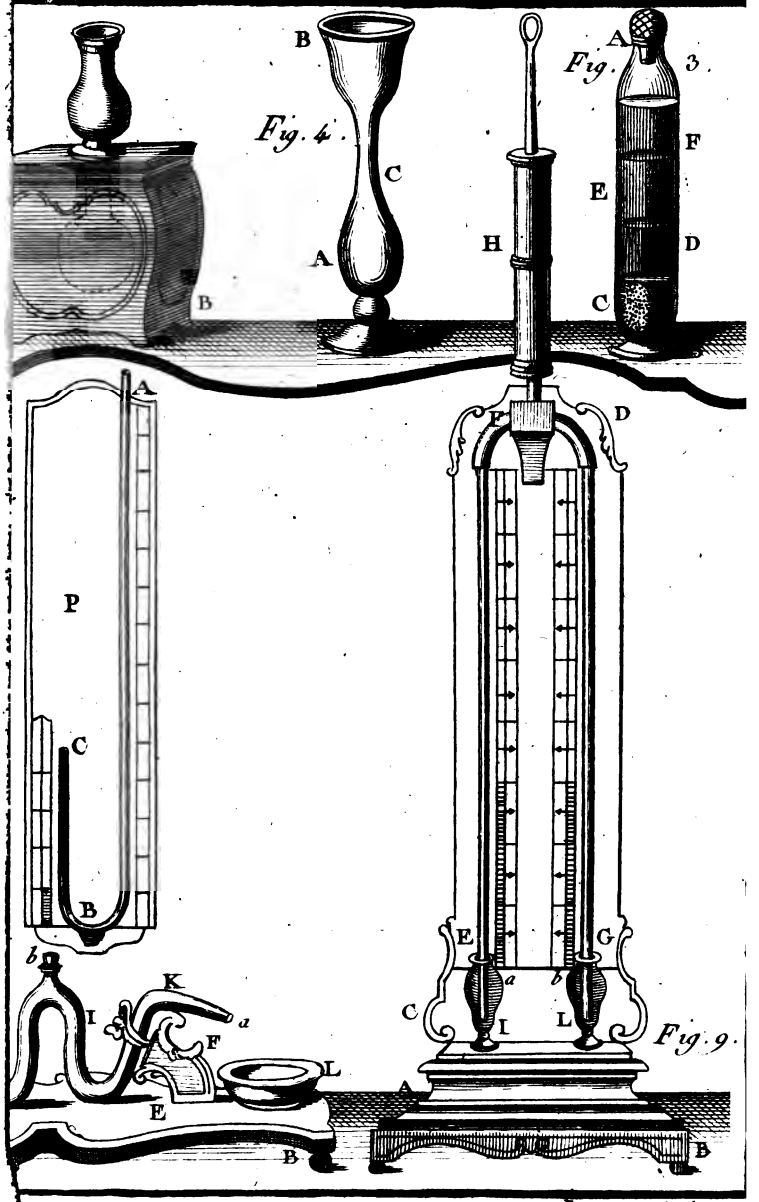
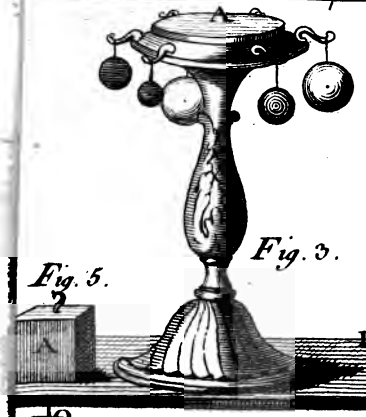


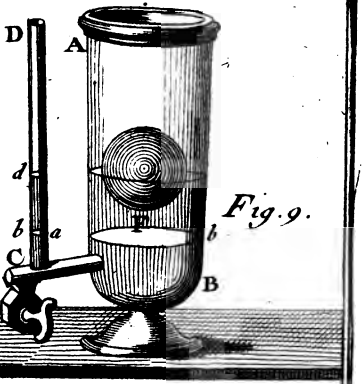
Fig. 1.

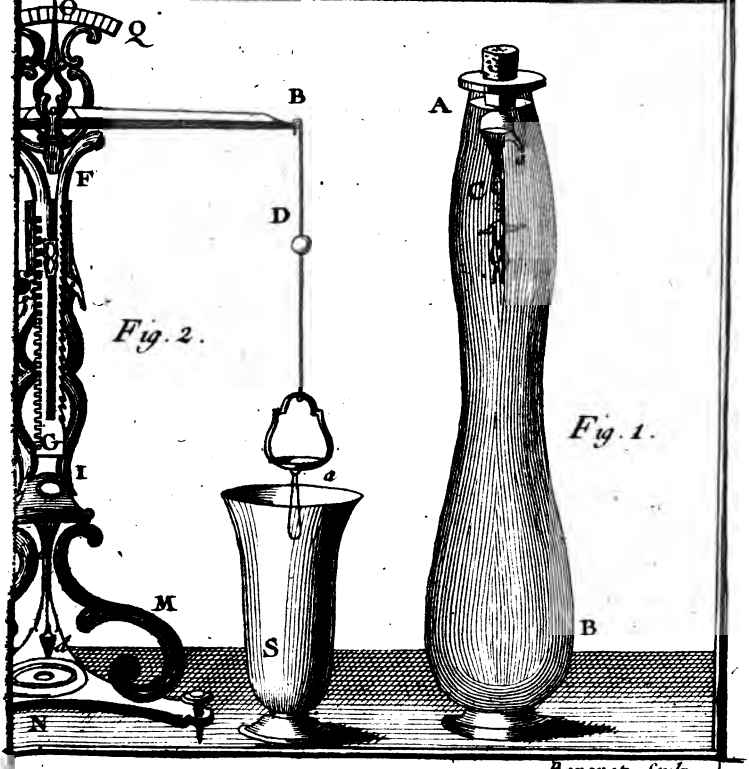
Berguet. Sculp.



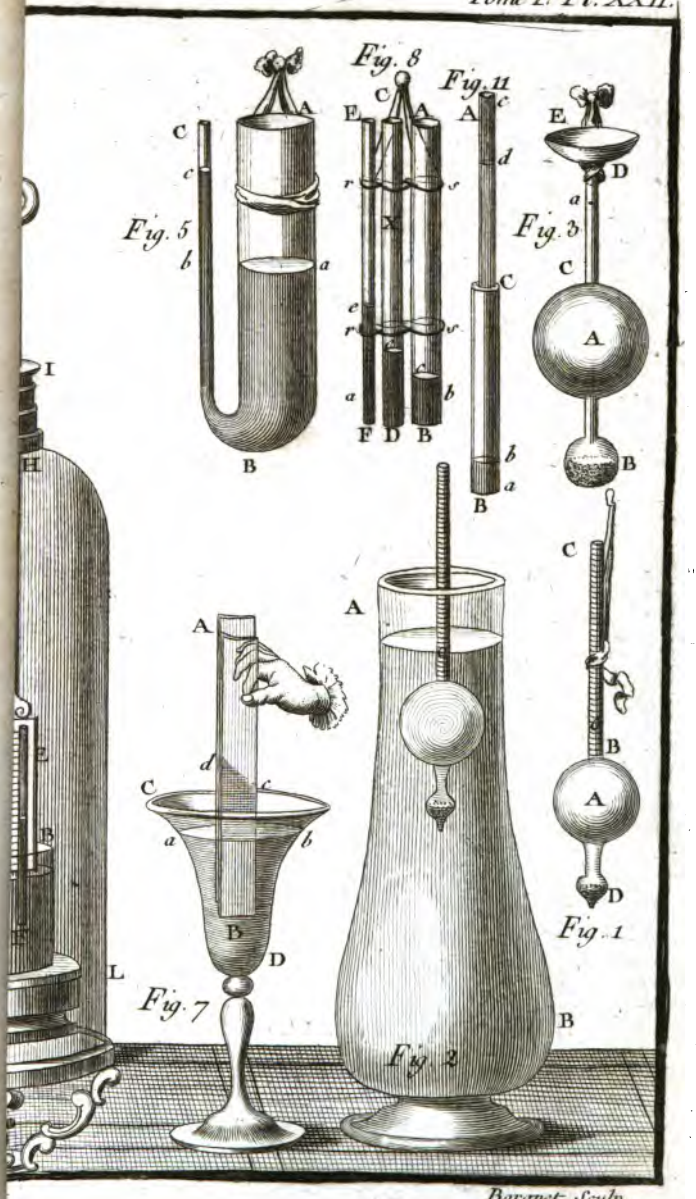
Borgnet. Sculp.







Borgnet. Sculp.



Borgnet. Sculp.

Fig. 2.

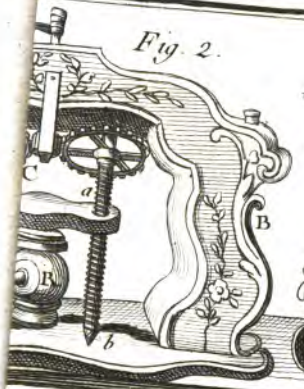
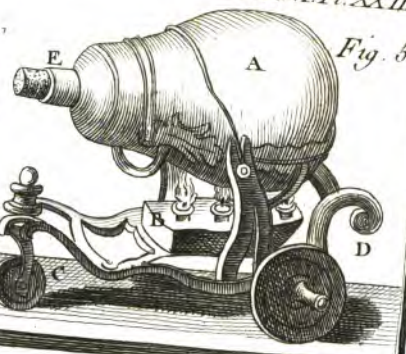


Fig. 5.



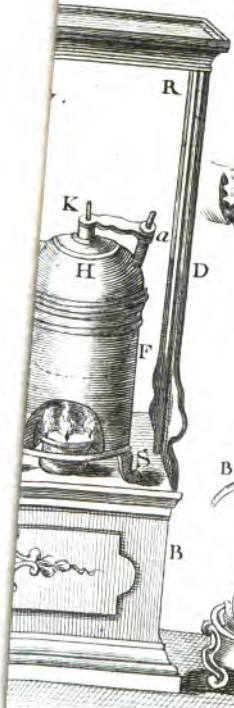


Fig. 3.

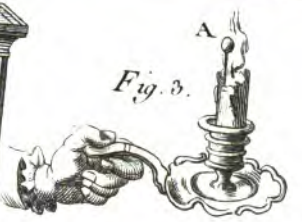


Fig. 1.

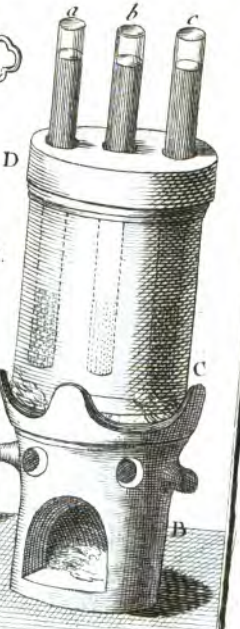
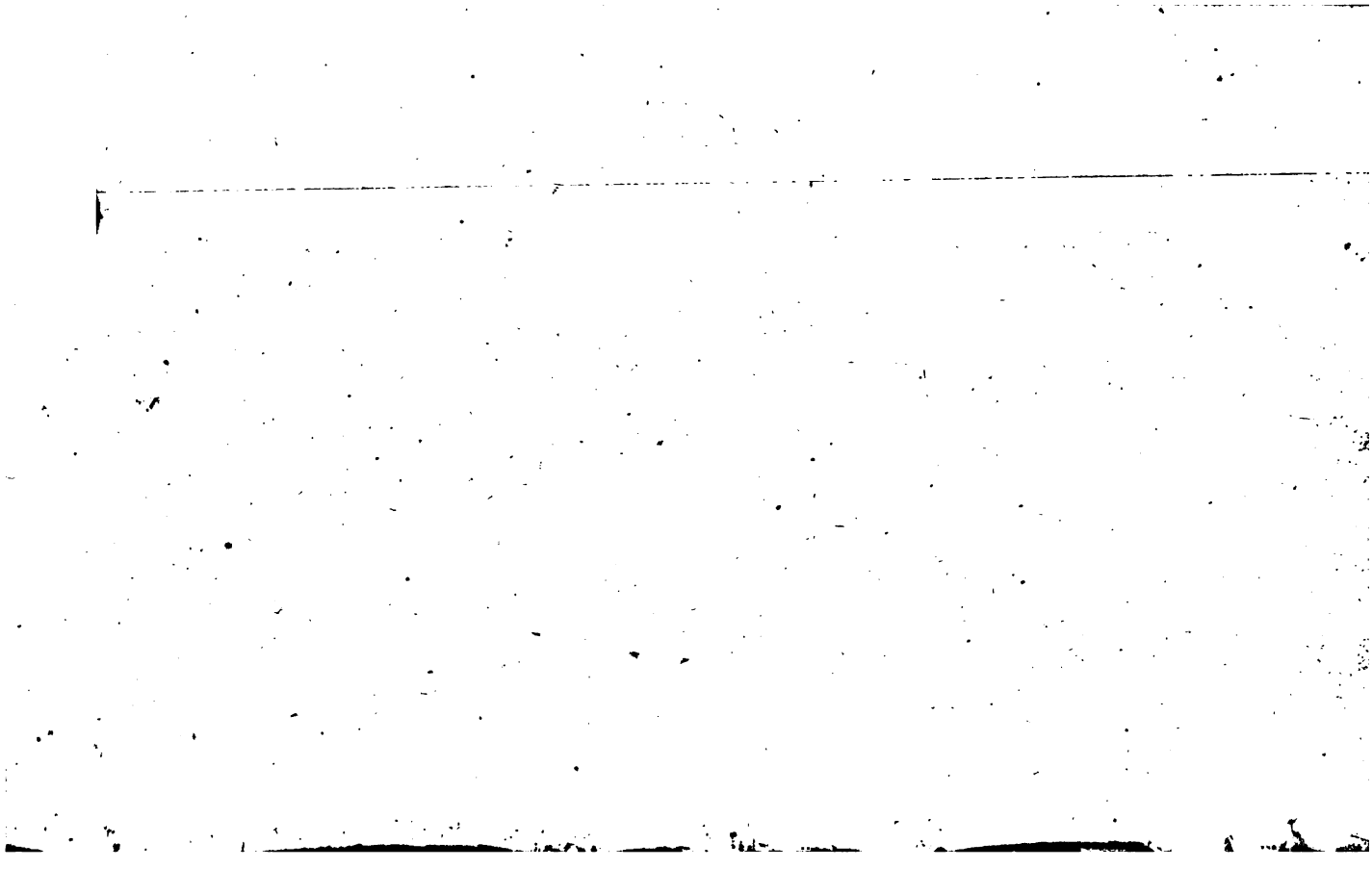


Fig. 4.

Bergnet. Sculp.